

Die Erdsalze in ihrer Bedeutung für die Zahnkaries

Otto Walkhoff



DIE ERDSALZE IN IHRER BEDEUTUNG FÜR DIE ZAHNKARIES

‹ZUGLEICH EIN BEITRAG ZUR NORMALEN UND PATHOLOGISCHEN ANATOMIE DES ZAHNSCHMELZES›

VON

HOFRAT DR. MED. ET PHIL. O. WALKHOFF

UNIVERSITÄTSPROFESSOR IN MÜNCHEN

MIT 36 FIGUREN AUF 9 LICHTDRUCKTAFELN



BERLIN 1913

VERLAG VON HERMANN MEUSSER



DRUCK
DER SPAMERSCHEN
BUCHDRUCKEREI ZU LEIPZIG

Seit vielen Jahren sind eifrige und umfangreiche Bestrebungen auf dem Gebiete der Prophylaxe für das Gebiß des Kulturmenschen aufgetreten, welche durch eine zweckmäßige, den Grundsätzen der *Ernährungsphysiologie* entsprechende Nahrung die Festigkeit der harten *Zahngewebe* bessern und die Zähne dadurch gegen die heutzutage äußerst umfangreich auftretende *Karies mindestens bedeutend widerstandsfähiger* machen wollen. Die Einschränkung der Zahnkaries bei den zivilisierten Völkern ist gewiß ein äußerst wichtiges und grundlegendes Problem der Volkshygiene, zu dessen möglichster Klarstellung und eventueller Lösung die wissenschaftliche Zahnheilkunde besonders verpflichtet ist. Zwei der wichtigsten Nahrungsmittel — *Brot* und *Wasser* — wurden dabei besonders in den Vordergrund geschoben und das enorme Vorkommen der Zahnkaries vielfach auf eine derzeit höchst mangelhafte Beschaffenheit dieser für das menschliche Leben notwendigsten Substanzen zurückgeführt. Ja man hat für die letzteren schon bezüglich ihres chemischen Verhaltens geeignet erscheinende Abänderungsvorschläge in der Zusammensetzung vorgemacht, welche bei allgemeiner Durchführung förmlich eine Revolution unserer seit langem gebräuchlichen Nahrungsmittel hervorrufen müssen. Eine ausreichende biologische Begründung, gestützt auf eine anatomisch-physiologische Basis, wurde allerdings bisher nicht gegeben. Und doch hätte z. B. wenigstens vom *Schmelzgewebe* der durchgebrochenen Zähne einwandfrei festgestellt werden müssen, ob und welche *Lebensäußerungen* in demselben vorkommen, wie verschiedene Autoren der neueren Zeit ja in der Tat behauptet haben. Von der eventuell bejahenden Beantwortung dieser Frage wird es weiter abhängen, ob diese vitalen Vorgänge auch bei Erkrankungen des Schmelzgewebes demselben

durch Vermehrung der Kalksalze oder eine sonstige vitale Tätigkeit größeren Widerstand geben können. Endlich ist zu entscheiden, ob wir künstlich geeignete Maßregeln für dieses Ziel bei dem einzelnen Menschen zu ergreifen vermögen. Denn erst nach Erfüllung dieser Bedingungen wäre allerdings Aussicht vorhanden, durch gewisse neuerdings empfohlene prophylaktische Maßregeln, durch eine besonders geeignete feste und flüssige Nahrung die Zahnkaries zu vermindern oder womöglich zu verhindern.

Ausdrücklich ist jedoch selbst bei solchen eventuell positiven Resultaten von vornherein zu betonen, daß es sich auch dann nur um das Verhalten des Schmelzgewebes handeln kann und die physiologische Tätigkeit im Zahnbein für das Fortschreiten und den Effekt eines erst einmal entstandenen kariösen Prozesses kaum mehr in Betracht kommt, weil jeder Defekt im Schmelzgewebe, welcher eine dauernde Retentionsstelle darstellt, sicher auch zur vollständigen Zerstörung des Zahnes führt. Es muß ferner als unumstößliche Tatsache hervorgehoben werden, daß eine Ausheilung der Schmelzkaries auf dem ursprünglichen Wege der Schmelzbildung für alle Zeiten ausgeschlossen ist. Denn die Schmelzbildungszellen sind vor dem Durchtreten des Schmelzes in die Mundhöhle verschwunden, und erst nach dem Durchbruch der Zähne tritt die Karies auf. So kann eine etwaige Ernährung und Verbesserung des Schmelzgewebes eines durchgebrochenen Zahnes einzig und allein nur noch vom lebenden Zahnbein her stattfinden. Neuere Autoren haben ja direkt von einem Stoffwechsel im fertigen Schmelz gesprochen. Ein solcher wäre ja natürlich von der höchsten Bedeutung für die ganze Frage der Schmelzkaries und zumal für eine Beeinflussung der Schmelzstruktur nach dem Durchbruch der Zähne in dem Sinne, daß die Widerstandsfähigkeit der letzteren gegen die Karies bedeutend erhöht würde und durch Ablagerung neuer Kalksalze auf diesem Wege bedeutend erhöht werden könnte.

Ich habe schon vor zwei Jahrzehnten den Nachweis geführt, daß die Zahnbeinfasern nicht allein das gesamte physiologische Leben im Zahnbein unterhalten, sondern daß sie auch gegen äußere pathologische Reize den Kampf oft mit großem Erfolge aufnehmen und durch eine vermehrte physiologische Tätigkeit, deren Endprodukt das sogenannte transparente Dentin ist, tiefer gelegene Bezirke gelegentlich und nach Möglichkeit zu schützen vermögen. Eine



Ernährung des fertigen Schmelzes habe ich allerdings damals auf Grund meiner Beobachtungen abgelehnt. (Vgl. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde, Heft 11, 1892 und Heft 9, 1893.) Gegenüber den Ausführungen neuerer Autoren aber mußte unbedingt eine Nachprüfung etwaiger Lebensvorgänge im fertigen Schmelzgewebe stattfinden. G. Fischer schreibt z. B. in seinen Ergebnissen der Zahnheilkunde, Band I, Heft 1: „In sinnfälliger Weise sind die plasmatischen Ausläufer der Dentinkanälchen dem Schmelzgewebe ein- beziehungsweise angelagert, derart, daß jedem Kanalzweig der Dentinäste eine im Schmelz verlaufende feinste organische Faserschicht entspricht. Schmelz und Dentin stehen durch ein Plasmanetz miteinander im Verkehr und unterhalten wahrscheinlich einen nutritiven Stoffwechselaustausch", und ferner „Die Transparenz selbst ist der Ausdruck für die vitale Energie, die auf gewisse Reize hin im Schmelz ausgelöst werden kann." Ferner sagt Fischer in seinem Buche „Bau und Entwicklung der Mundhöhle": „Bei starker Vergrößerung macht es ganz den Eindruck, als fasere sich der Inhalt eines Dentinröhrchens (die Tomessche Faser) in feinste Endfibrillen aus, die der unverkalkten Prismenwandschicht angelagert sich im Schmelz verlieren." . . . „Diese Büschel können gelegentlich noch durch gewundene Faserzüge in Verbindung treten."... „Es entspricht jedem Kanalzweig des Dentins eine im Schmelz verlaufende Faserlinie." Fischer gibt dabei auch Abbildungen, welche mit „Plasmabüschel im Schmelz vermitteln in Fortsetzung der Dentinkanälchen die Schmelzernährung" bezeichnet sind. Derartige Angaben und die Schlußfolgerungen zu Gunsten einer Ernährung und Verbesserung des Schmelzes finden sich noch mehrfach in der Literatur. Auch Anatomen sind dafür eingetreten. Nach v. Ebner scheint es z. B. nicht ausgeschlossen, daß wenigstens „bei der ‚Erhärtung' des Schmelzes demselben vom Zahnbein aus Säfte zugeführt werden." Würden für diese Sätze unumstößliche Beweise zu erbringen sein, so wäre damit auch auf anatomischer Basis die wichtigste Grundlage für die Lehren derjenigen Autoren gegeben, welche behaupten, daß durch Zufuhr einer geeigneten Nahrung, insbesondere von Erdsalzen z. B. durch besonderes Brot oder Wasser den Zähnen mindestens eine bedeutend größere Widerstandsfähigkeit vielleicht gar eine Immunität gegeben werden könne.

Nachdem die prinzipiell große Wichtigkeit der eventuellen vitalen Vorgänge im Schmelzgewebe dargelegt ist, gehe ich zu den Resultaten meiner anatomisch-

physiologischen Nachprüfung des Schmelzgewebes über, welche bei ihrer fundamentalen Bedeutung für das Thema auf breiter Basis angelegt werden mußte.

Bei einer sich über drei Jahrzehnte erstreckenden Beschäftigung mit der Histologie der Zähne war ich nach Durchmusterung zahlloser menschlicher Schmelzpräparate schon längst zu dem Resultat gekommen, daß es kaum einen Zahn eines zivilisierten Menschen gibt, in welchem man nicht irgendeinen Bildungsfehler in der Entwicklung seiner Strukturelemente zu erkennen vermöchte, sei es bezüglich ihrer Größe und Lagerung, sei es bezüglich ihrer Verkalkung. Eine solche durchweg schlechte Verkalkung im Gebiß des Kulturmenschen, welche sich in zahlreichen Anomalien kundgibt, war für mich deshalb lange Zeit ein sehr plausibler Grund für die häufige Entstehung der Karies seiner Zähne. Besonders die bei der mikroskopischen Untersuchung vielfach zu Tage tretende mangelhafte Dichte des Schmelzgewebes war bestimmend für diese Ansicht. Ich habe im Jahre 1895 in der Deutschen Monatsschrift für Zahnheilkunde darüber berichtet. Auch Röse trat meiner Ansicht bei und sagte: „Die geringere oder größere Widerstandsfähigkeit gegen Karies beruht in erster Linie auf dem mehr oder weniger mangelhaften mikroskopischen Aufbau des Schmelzgewebes:" (Röse, „Erdsalzarmut und Entartung," Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde, 1908). Untersuchungen äußerlich gesunder Zähne einiger inferiorer Rassen hatten früher bei mir allerdings durch das Vorkommen von gleichen Fehlern im Gewebe schon einigen Zweifel erregt. Hier aber konnten etwa noch der Gebrauch des Feuers bei Zubereitung der Speisen und sonstige Anfänge der Zivilisation eine Rolle spielen, wenn auch z. B. die künstliche Ernährung, wie sie der neugeborene Kulturmensch so häufig erhält, wohl ausgeschaltet war. Es lag nun für die Entscheidung der Frage, ob die Widerstandsfähigkeit gegen Karies auf der Struktur des Schmelzgewebes beruhe, nahe, auch die Zähne der übrigen Primaten speziell der Anthropomorphen zur Untersuchung heranzuziehen. Ihr prachtvolles Gebiß und die nahezu vollständige Immunität des letzteren gegen Karies mußte ja für die normale Histologie des Schmelzes und für die physiologischen Vorgänge in den harten Geweben ein weit besseres Objekt abgeben, als die von der menschlichen Kultur beeinflußten Zähne. Denn es waren von vornherein nicht nur die Wirkungen der Kultur, sondern auch die Fehler in der Entwicklungs-

periode der menschlichen Zähne ausgeschaltet. Hier gibt es weder die Frage des Einflusses des Nichtstillens, noch kann man von einem mangelhaften Gebrauch der Zähne oder einer sonstigen für das Gebiß funktionell unzweckmäßigen Lebensweise oder gar von der Vererbung eines schlechten Gebisses reden. Bei der Untersuchung der Zähne des Orangutans, des Schimpanses und des Gorilla ergab sich zwar nun zunächst, daß histologische Elemente im Schmelz und Zahnbein in ihrem ganzen Bau und normalen Verhalten mit dem menschlichen nahezu übereinstimmen. Zu meinem höchsten Erstaunen aber ersah ich weiter, daß die Zahngewebe dieser großen Anthropomorphen und besonders der Schmelz genau dieselben Entwicklungsfehler aufweisen, wie die menschlichen. Es fanden sich ebenso ausgezeichnet wie mangelhaft verkalkte Stellen vor. Die Untersuchung ergab deshalb sowohl in histologischer wie pathologischer Richtung hin die wertvollsten Aufschlüsse.

Die organische Substanz, welche ja natürlich allein der Vermittler des Lebens, aber auch ein sehr guter Leiter für die von außen her eindringenden und die Karies hauptsächlich erzeugenden Schädlichkeiten ist, muß bei einer Erörterung der Berechtigung der Erdsalztheorie und ihrer Folgerungen zunächst in Frage kommen. Alle Autoren stimmen darin überein, daß die Hauptmasse der organischen Substanz an den Berührungsflächen der Schmelzprismen liegt, welche einige Autoren als Kittsubstanz bezeichnet haben. Hier mußten also die Untersuchungen einsetzen.

Ich konnte nun auch für den Schmelz der Anthropomorphen feststellen, daß es in ihm keine Kittsubstanz im Sinne v. Ebners gibt, die noch dazu dunkel sein soll, eine Annahme, an der v. Ebner und seine Schüler immer noch festhalten. Solche optischen Gebilde werden auch nach diesen neuen Untersuchungen durch vorher angewandte Säuren, salpetersaures Silber usw., aber auch durch unscharfe Einstellung oder durch Anwendung von schwächeren Objektiven mit größerer Tiefenzeichnung hervorgerufen.

v. Ebner hat seine ursprüngliche Auffassung von dem Wesen und der Größe der Kittsubstanz in seiner Histologie der Zähne — enthalten in den verschiedenen Auflagen von Scheffs Handbuch der Zahnheilkunde — in ganz unzweideutiger Weise festgelegt. Seine Abbildungen werden als „Kamerabild“ bezeich-

Tafel I Fig. 1, 2. net und niemand kann daran deuteln. Die in Fig. 1 und 2 Tafel I reproduzierten Bilder v. Ebners zeigen auch einwandfrei, was die Unterschrift besagt. Aber sind diese Bilder selbst richtig? Nach ihnen soll die Kittsubstanz nahe dem Zahnbein normaler Weise dieselbe Breite, ja darüber haben, wie die anliegenden Prismen; v. Ebner bezeichnet ferner die letzteren in der Unterschrift der Figur als „hell", die Kittsubstanz „dunkel" und das zeigt die Figur auch in der Tat. Ebenso zeigt sie, daß die Kittsubstanz bei einer Vergrößerung von 500 schon mehr als zwei Millimeter dick sein kann. Demgegenüber ist es mir unmöglich, auch nach diesen neuen Untersuchungen des Schmelzes der Anthropomorphen und noch vieler anderer Tierklassen meine Meinung, wie ich sie über die v. Ebnersche Kittsubstanz im menschlichen Schmelz niedergelegt habe (siehe Deutsche Monatsschrift 1903 und 1904), zu ändern. Solche Bilder von einer ungeheuer breiten Kittsubstanz, wie sie v. Ebner und Smrecker vom normalen Schmelze nach Anwendung des salpetersauren Silbers brachten, sind Trugbilder, die durch die vorher angewandten Säuren und spätere Metallniederschläge erst erzeugt werden. Daß auch bei der Berührung des salpetersauren Silbers mit dem Schmelzgewebe salpetersaurer, im Wasser leicht löslicher Kalk entsteht und damit Salpetersäure auf dasselbe wirkt, ist trotz aller Einwände seitens v. Ebners durch eine der größten Autoritäten auf dem Gebiete der organischen Chemie v. Bayer festgestellt. Deshalb sind auch solche Präparate für die Entscheidung der quantitativen und qualitativen Verkalkung unbrauchbar, weil die ursprünglichen Gewebselemente verändert sind. Normal und gut verkalkte Schmelzprismen zeigen gewöhnlich einen sehr dünnen, hellen Saum (meine Kortikalschicht), welcher um so dünner und optisch um so weniger

Fig. 3. differenziert ist, je besser das Gesamtprisma verkalkt ist. Ferner sind gerade jene Bilder v. Ebners absolut nicht in Einklang mit seiner späteren Behauptung zu bringen, daß die äußerst feinen, schwarzen Striche zwischen den Prismen, welche ich als optische, nicht als körperliche Trennungslinien

Fig. 4. bezeichnet habe, seine Kittsubstanz darstellen. Diese schwarzen, scharf gezeichneten Striche wachsen durchaus nicht in die Breite proportional mit der durch Objektive von größerer Apertur gesteigerten Vergrößerung, sondern bleiben bei scharfer Einstellung immer Linien. Davon kann sich an meinen Bildern jeder überzeugen, ebenso aber auch, daß mit der wachsenden Unschärfe die

dunkle Konturierung als vermeintliche, dunkle Kittsubstanz in ihrem Durchmesser bis zur Stärke des Zentralkörpers sich vergrößern kann. Fig. 5.

Solche Bilder haben dann allerdings eine auffallende Übereinstimmung mit denjenigen, welche v. Ebner gab, und zwar sowohl bezüglich der Breite als auch Fig. 6. der Helligkeitsdifferenzen der Strukturelemente. Ganz unabhängig von mir hat Baumgartner in einer Arbeit „Über das Wesen der Zahnkaries mit besonderer Berücksichtigung der Histologie des gesunden und kariösen Zahnschmelzes (Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 1910) die gleichen Strukturen des menschlichen Zahnschmelzes beschrieben und abgebildet, wie ich sie in meinen früheren Arbeiten über den Bau des Schmelzes gegeben hatte. Ich möchte auf diese Arbeit zum Vergleich mit den v. Ebnerschen und Smreckerschen Erläuterungen hier ebenfalls kurz hindeuten, insbesondere auf Baumgartners Schlußfolgerungen Nr. 1, 2, 3 und 5. Die beifolgenden Bilder mit den besten Immersionssystemen der Gegenwart und kurzwelligstem Licht aufgenommen, dürften ein weiterer Beweis sein, daß der normale Schmelz zwischen den einzelnen Schmelzprismen keine Kittsubstanz besitzt, am allerwenigsten in der Form und Breite wie sie v. Ebner und seine Anhänger beschrieben und gezeichnet haben. Und mehr denn je halte ich nach diesen Bildern im normalen gut verkalktem Schmelze an der Existenz eines dunkleren Zentralkörpers und einer helleren Kortikalschicht der Schmelzprismen fest.

In ausgezeichneter Weise brachten mir die Präparate von normalen Schmelzprismen der Anthropomorphen einen noch weiteren Aufschluß über die verschiedenen optischen Bilder, welche Querschliffe der Schmelzprismen ergeben. Unter Anwendung einer besonderen Schleifmethode können durch zahllose Brüche, aber unter Festhaltung der einzelnen Teile in ihrer allgemeinen Lage die Prismen in allen Beleuchtungsarten und allen optischen Brechungserscheinungen sogar in ein und demselben Schliff zur Darstellung gebracht werden. (Fig. 6.) Solche Aufnahmen von unversehrten Zellstrukturen vermögen die wirklichen Verhältnisse besser zu zeigen, als wenn man ihnen erst ihren weitaus umfangreichsten und wichtigsten Bestandteil — nämlich die Kalksalze — teilweise raubt, indem man erst Säuren oder saure Salze auf sie wirken läßt und dann seine Schlüsse zieht. Dies um so mehr, als man weiter konstatieren kann, daß durch die naturgemäß nicht mathematisch genaue Form und Lagerung der Schmelzsäulen, durch nicht

axial einfallendes Licht von größerer Wellenlänge und durch Schiefschnitte alle möglichen optischen Täuschungen schon an unversehrten Präparaten entstehen. Die Arkaden Smreckers, die breite dunkle Kittsubstanz v. Ebners, wie er sie im Scheffschen Handbuch abbildet und vieles andere finden ihre Erklärung, wenn man jene Fehlerquellen ausschaltet und die Objekte nach den genannten Richtungen hin scharf unter die Lupe nimmt. Daß die von jenen Autoren nach ihren Kunstprodukten gegebenen Abbildungen mit meinen Ergebnisse übereinstimmen, war natürlich nicht zu erwarten. Wenn ich aber jetzt wieder durch die Abbildungen von normalem, unversehrtem Schmelz zeige, daß die schärfsten Bildpartien den von jenen Autoren gegebenen Bildern durchaus nicht entsprechen, so genügt es nicht, einfach zu erklären: „Die Mikrophotographien von Strukturbildern farbloser Objekte sind zur Entscheidung von Strukturbildern vollkommen wertlos." Abgesehen davon, daß die Photographie im Gegensatz zu subjektiven Zeichnungen gerade die krasseste Realistik treibt, beweisen meine Bilder auf das eklatanteste, daß es nicht angängig ist, bei einem Querschliff normaler Schmelzprismen eine zwischen letzteren liegende Kittsubstanz von der Dicke, welche die Gesamtstärke des Prismas erreicht, ja übertrifft, im Sinne der Wiener Histologen anzunehmen. Denn wenn das Bild etwas Ähnliches durch obige Fehlerquellen zeigt, so besitzen in unmittelbarer Nähe solcher Prismen andere höchstens nur eine scharf geschliffene feine Trennungslinie, ohne die geringste dunkle Kittsubstanz. Ja selbst ein einzelnes Prisma zeigt scheinbar letztere auf der einen Seite und auf der anderen nicht! Im übrigen läßt sich aber dann durch Serienaufnahmen nachweisen, daß die breite dunkle Kittsubstanz bei scharfer Einstellung verschwindet. Die Kittsubstanz, wie sie von v. Ebner in seinen Abbildungen als Paradigma für die Schmelzstruktur abgebildet wurde, ist demnach eine optische Täuschung, die für den Beobachter noch bedeutend verstärkt wird, wenn die Prismen nicht gut verkalkt sind oder ihnen durch Säuren oder saure Salze ein Teil der Kalksalze genommen ist.

Tafel II Fig. 7.

Gerade in dem letzterwähnten Umstande ist hauptsächlich die Fehlerquelle der Methode vorhanden, auf welcher v. Ebner und Smrecker ihre Ansicht gründen. Ich will hierfür den direkten Beweis liefern und zwar auch durch eine Imprägnationsmethode mit Silber, welche aber bei total entkalktem jungen Schmelz angewandt wird. Es ist die Bielschowsky-Studnička-Methode,

welche auch zur Darstellung der v. Korffschen Fasern bei der Zahnbeinentwicklung verwandt wird. Ist junger, vorher vollständig entkalkter Schmelz, der die Strukturelemente in reinem Querschnitt zeigt, nach der Bielschowskyschen Methode, modifiziert von Studnička behandelt, so sehen wir, daß die Kittsubstanz v. Ebners (meine Kortikalschicht) vollständig farblos und hell bleibt, während das eigentliche Prisma v. Ebners (mein Zentralkörper) eine mehr oder weniger tiefschwarze Imprägnation mit Silber aufweist. Statt daß also die reichlich vorhandene „primäre Kittsubstanz" v. Ebners, welche in ihrer jüngsten Anlage noch keine Kalksalze aufgenommen, jedenfalls aber durch die vorausgegangene künstliche Entkalkung verloren hat, imprägniert wird, zeigt sie gerade die entgegengesetzte Eigenschaft. Dies gilt auch umgekehrt vom Zentralkörper. Nun weist aber in einem solchen Schnitte die vorhandene Kittsubstanz des Plattenepithels der Mundhöhle eine ausgezeichnete Imprägnation mit Silber auf. Damit wird zur Evidenz bewiesen, daß das, was zwischen den Ebnerschen Prismen als farblos bleibende Substanz liegt, nur eine Kittsubstanz, wie sie dem epithelialen Gebilde eigen ist, vortäuscht, denn gerade hier müßte sie am leichtesten zu imprägnieren sein, weil sie am jüngsten und am stärksten ist.

Fig. 8. **Fig. 8.** **Fig. 10.**

Die Trennungslinien, wie sie in gut verkalktem Schmelze zu Tage treten, existieren in solchen Präparaten nicht, weil die Zentralkörper keine Kalksalze besitzen. Erst wenn diese in dem Zentralkörper in überwiegendem Maße vorhanden sind, treten die Trennungslinien in die Erscheinung. Sie sind aber auch dann nicht körperlich, geschweige denn der Ausdruck der „hohen" Einstellung einer Kittsubstanz, sondern beweisen nur eine größere Ablagerung von Kalksalzen in den Zentralkörpern gegenüber den Kortikalschichten. Letztere verschmelzen schon in der ersten Bildungsperiode miteinander und sichern so von vornherein auch die Festigkeit des Gewebes.

Ich nähere mich mit dieser Anschauung der von John Tomes ausgesprochenen Ansicht von der Ähnlichkeit der Bildung des Zahnbeines und des Schmelzes. Bei letzterem repräsentiert hauptsächlich der Zentralkörper, solange die Schmelzzellen funktionieren, das Leben und Ernährung für die passive Grundsubstanz, welche durch die sofort miteinander verschmelzenden Kortikalschichten — analog der dentinogenen Substanz des Zahnbeines — repräsentiert wird. Über die Ernäh-

rungsvorgänge werde ich noch weiter unten berichten. Hier sei nur bemerkt, daß die sofortige innige Verschmelzung der Kortikalschichten der Grund dafür ist, daß sie nicht abgegrenzte Territorien formieren. Schon Baumgartner hat mit Recht darauf aufmerksam gemacht, daß die Fähigkeit der einzelnen Zellen miteinander ohne Kittsubstanz zu verwachsen, während der ganzen Zeit der Schmelzbildung vorhanden ist. Andererseits lassen sich aber die Zentralkörper in Form der Tomesschen Fortsätze aus jenen herausziehen. Wir haben da wieder ein Analogon mit dem Zahnbein, bei welchem die Dentinfortsätze ebenso von der Grundsubstanz künstlich zu trennen sind.

Wie erklären sich nun die diametral gegenüberstehenden Befunde in der Silberimprägnation nach v. Ebner-Smreckerschen Methode und derjenigen von Bielschowsky? Jene Autoren wandten Silbernitrat bei verkalktem Schmelz an, lösten dadurch einen Teil der Kalksalze aus der gewöhnlich schwächer verkalkten, und deshalb leichter zugänglichen organischen Kortikalschicht, während der stärker verkalkte Zentralkörper dem Eindringen und der Wirkung des salpetersauren Silbers weit mehr widerstand. Einerseits werden durch die Zersetzung des salpetersauren Silbers und seine Wirkung auf die zunächst betroffenen Kalksalze die schon oben beschriebenen Lichtdifferenzen bei unscharfer Einstellung usw. bedeutend verstärkt. Anderseits erhält die Kortikalschicht außerdem Silberimprägnation und muß demnach dunkel erscheinen. Der Zentralkörper dagegen bleibt immer noch hell und farblos, weil die freie organische Masse der ersteren den Silberniederschlag viel mehr begünstigt. Bekanntlich tut das aber jede organische Substanz einer anorganischen gegenüber. Die Existenz einer breiten dunklen Kittsubstanz ist damit aber durchaus nicht bewiesen. Die Bielschowsky-Studnička-Methode dagegen differenziert — nach vollständiger Entkalkung des Gewebes — das rein organische Gewebe und zwar in einen dunklen Zentralkörper und eine farblose, helle ihn umschließende Substanz. Es liegt doch wohl viel näher, anzunehmen, daß die im fertigen, normal und gut verkalkten Schmelze hell erscheinende Kortikalschicht dieser Zone in jungem Schmelze ebenso entspricht, während der Zentralkörper dabei in beiden Fällen dunkler erscheint, als daß plötzlich gerade das umgekehrte der Fall ist.

Die angenommene Kittsubstanz soll aber auch nach v. Ebner noch einen

anderen wichtigen, nämlich einen mechanischen Zweck haben. Er sagt: „Die Grenze zwischen zwei Prismen muß etwas von dieser Verschiedenes sein und dieses Verschiedene ist etwas, was die Verschiebung der Prismen gegeneinander verhindert und die Isolierung derselben enorm schwierig macht." Hier berücksichtigt v. Ebner nicht das Gesetz der Kohäsion hart aneinander gelagerter gleichartiger Massen, die weit besser miteinander durch Verschmelzung vereinigt sind, als wenn irgend eine fremde Substanz dazwischen gelagert ist, erstere also nur miteinander verwachsen wären. Wir Zahnärzte wissen, daß unsere Füllungsmaterialien, welche wir aneinander zu lagern beabsichtigen, in den einzelnen Teilen schlechter zusammenhalten, wenn fremde Substanzen dazwischen treten. Und gerade da, wo die Kittsubstanz — im Sinne v. Ebners — im Schmelze am größten ist, nämlich in den mangelhaft ausgebildeten Zähnen, arbeiten unsere Schmelzmesser usw. bei der Höhlenpräparation am leichtesten. Hier läßt sich das Gewebe auch am leichtesten trennen. Dagegen sind diejenigen Zähne aller Tierklassen, bei denen die „Kittsubstanz" ganz zurücktritt oder gar fehlt, also Zähne, deren Schmelz möglichst homogen erscheint, weitaus härter. Auch die rein mechanische Begründung einer Kittsubstanz seitens v. Ebners ist also nicht stichhaltig, sondern die anatomischen Tatsachen verbunden mit den Erfahrungen der Praxis beweisen das direkte Gegenteil.

In hervorragendem Maße gaben speziell Präparate von Zähnen der Anthropomorphen nicht nur Aufschluß über die Struktur des normalen Schmelzes, sondern auch über eine mangelhafte Verkalkung von einzelnen Prismen oder von ganzen Gruppen derselben, ein Vorgang, der bei den menschlichen Zähnen in seinen Einzelheiten viel schlechter zu verfolgen ist und deshalb ebenfalls zu zahlreichen Meinungsverschiedenheiten Veranlassung gab. Nach meinen Untersuchungen sind alle Schmelzanomalien der Verkalkung bei durchgebrochenen Zähnen nichts weiter als der Ausdruck von bestimmten Stadien der normalen Verkalkung, welche bei der weiteren Fertigstellung des übrigen Gewebes nicht überschritten, geschweige denn später ausgeglichen wurden. Sie bedeuten also einen Stillstand der Kalkablagerung auf einem bestimmten Punkte der Gewebsentwicklung und zwar, wie wir noch sehen werden, für alle Zeiten, von dem Zeitpunkte an, wo die Schmelzzellen verödet sind. Ein sehr gutes Beispiel dafür ist zunächst die natürliche Querstreifung des

Tafel III Fig. 11.

Schmelzes. Wir müssen hier ein wenig auf die Histogenese des Schmelzes eingehen.

Bei der Entwicklung desselben wird zunächst eine organische Grundlage seitens der Schmelzzellen vorgebildet und zwar in Form einer feinen Schicht, des Huxleyschen Häutchens. Schichtenweise wird dasselbe nun zum Aufbau der Schmelzprismen verwandt, indem zwischen den einzelnen Lagen axial zu dem Protoplasma des Zellleibes der Schmelzzellen Kalksalze in Form von zunächst selbständigen Kristallisationszentren abgeschieden werden. Auch die weitere Einlagerung der Kalksalze erfolgt nicht plötzlich, sondern steigert sich ganz allmählich. Die Scheiben des Zentralkörpers besitzen also noch lange ein sehr lockeres Gefüge. Bei ihrer Verdichtung wachsen letztere zwar allmählich auch in die Breite, behalten aber noch eine gewisse Zeit eine geringer werdende Lage von jener primären organischen Substanz zwischen sich. Diese organische Substanz ist nun durchaus identisch mit der Kortikalschicht, steht mit ihr im engsten Zusammenhange und bildet also gemeinsam mit der letzteren jenes von den Schmelzzellen erzeugte organische Substrat für die zunächst axial einzulagernden Kalksalze. Das beweisen Präparate welche vorsichtig mit Säuren behandelt werden. Die v. Ebnersche Fig. 2 auf Tafel I stellt das recht gut dar. Nach der v. Ebnerschen Auffassung der Kortikalschicht als Kittsubstanz müßte auch damit innerhalb seines Prismas Kittsubstanz mit den Kalkscheiben abwechseln! Das ist aber undenkbar und auch deshalb die v. Ebnersche Ansicht ganz unhaltbar.

Bleibt nun auf einem solchen Stadium die Prismenentwicklung stehen, so haben wir die natürliche Querstreifung der Schmelzprismen in einem durchgebrochenen fertigen Zahne vor uns. Besonders schön kann man die Schmelzbildung in der geschilderten Art bei Karnivoren und Nagern, beobachten, so daß die schichtenweise Ablagerung der organischen und anorganischen Substanz sich in allen Einzelheiten ganz gleichmäßig über eine große Anzahl von Schmelzsäulen erstreckt. Beim Menschen sind dagegen diese Vorgänge wohl infolge der langsameren Entwicklung der Zahngewebe meistens nicht so deutlich, weil die einzelnen Phasen näher aneinander liegen.

Fig. 12.

Im Gegensatz zu v. Ebner hatte ich aber auch an menschlichen Zähnen

schon früher vielfach natürliche Querstreifung beobachtet, ohne daß Säuren usw. gewirkt hatten oder Kreuzungen von Prismen vorhanden waren. Bekanntlich hat v. Ebner die Querstreifung auf diese Umstände zurückgeführt. Bei den Anthropomorphen ist sie nun nicht nur oft über große Bezirke verteilt, sondern man kann, wie wir noch näher sehen werden, vielfach selbst an einem einzigen Prisma ihre Entwicklung und ihr Wesen in schönster Weise beobachten.

Die Querstreifung ist also nur ein Entwicklungsstadium des Schmelzes, dem normaler Weise sehr bald eine weitere Konsolidierung des Zentralkörpers seitens der Schmelzzellen folgt. Die vollständige Konsolidierung aber besteht darin, daß sich die Kalkscheiben vergrößern, indem die gesamte organische Substanz des Zentralkörpers mit Kalksalzen imprägniert wird, und zwar zunächst hauptsächlich in vertikaler Richtung, um dann miteinander zu verschmelzen.

Später wird wie schon bemerkt der Zentralkörper durch Einlagerung von Kalksalzen immer stärker, während die Kortikalschicht durch Vergrößerung der Kalkscheiben in horizontaler Richtung zum Gesamtprisma natürlich verdünnt werden muß. Diese selbst kann in verschiedener Menge Kalksalze aufnehmen, so lange die Schmelzzellen funktionieren. Bei bester Verkalkung des gesamten organichen Substrats werden optisch vollständig homogene Schmelzsäulen formiert.

Daß die Querstreifung des Schmelzes nicht etwa durch eine einfache Überkreuzung von mehreren Prismenreihen entsteht, wie es v. Ebner ohne weiteres behauptet hat, dafür dürften die Gruppen und die einzelnen quergestreiften Schmelzprismen, die teils mitten aus dem Schmelz oder an der Zahnbeingrenze photographiert wurden, doch wohl jeden überzeugen. Die natürliche **Fig. 13.** Querstreifung ist nach solchen Bildern in der ursprünglichen Anlage zu suchen, sie ist ein Stehenbleiben der Verkalkung auf einem bestimmten Standpunkte, und die durch Säuren in vollständig verkalktem Schmelze erzeugte Querstreifung ist nur eine rohe Rekonstruktion jenes Stadiums der Verkalkung. Es werden dabei durch die Säurewirkung die zuletzt eingelagerten Kalksalze des vollständig verkalkten Prismas extrahiert.

Sehr wertvolle Aufschlüsse für die einzelnen Stadien der Verkalkung des Schmelzes gibt die Koch-Weilsche Versteinerungsmethode, nach vorheriger Durchfärbung der Objekte. Mit ihrer Hilfe können sowohl die ältesten

Tafel IV Fig. 15. Fig. 16.

wie die jüngsten Schmelzschichten samt den Schmelzbildungszellen im Zusammenhange untersucht werden, ohne daß vorher Säuren und dergl. die Kalksalze quantitativ in den Geweben verändern, und wieder zu Trugschlüssen veranlassen. Darauf kommt es doch zuguterletzt an, wenn man feststellen will, wo und in welcher Menge Kalksalze in den Geweben eingelagert werden. Es ergab sich nun, daß bei richtiger Durchfärbung z. B. mit neutralen Karminlösungen in den allerersten Stadien der Schmelzprismenbildung beide Bestandteile — die Kortikalschicht (alias v. Ebnersche Kittsubstanz) und Zentralkörper (v. Ebnersches Prisma) sehr gut und gleichmäßig gefärbt werden können. Aber schon in einiger Entfernung von den Schmelzzellen tritt die Kortikalschicht stärker hervor, sie nimmt den Farbstoff schlechter an und bald leuchtet nur der Zentralkörper besonders in Querschliffen im feurigen Karminrot, während ihn eine weitere farblose Schicht umgibt. Wir haben genau dasselbe Bild wie bei der Bielschowskyschen Methode vor uns! Im Zentralkörper hält sich die Färbungsmöglichkeit noch auf sehr große Strecken bis tief in das scheinbar fertige Schmelzgewebe hinein. Er steht also noch lange unter dem Einfluß der funktionierenden Schmelzzelle. Dadurch wird bewiesen, daß sehr bald nach der ersten Schmelzanlage die äußere Schicht — also die vermeintliche Kittsubstanz — eine sehr große chemische Veränderung erfährt — und das kann nach Lage der Dinge nur die beginnende Aufnahme von Kalksalzen sein, welche die Färbung durch neutrale Farbstoffe verhindern. Säuren werden ja bei der Versteinerungsmethode — und das zeichnet sie auch vor allen sonst üblichen aus — vorher nicht angewandt! Geschieht es jedoch, dann werden die neueingelagerten Kalksalze extrahiert und auch die Kortikalschicht ist nun infolge der größeren organischen Masse wieder besser färbbar. Nach diesen Ausführungen dürfte der Satz v. Ebners „daß die primäre Kittsubstanz Kalk in fester Form enthält ist nicht nachgewiesen und unwahrscheinlich" wohl nicht aufrecht zu erhalten sein. Daß die Einlagerung von Kalksalzen in organisches Gewebe dieses unfärbbar macht, wird niemand bestreiten, zumal wenn es nach Extraktion der Kalksalze durch Säuren wieder besser färbbar wird. Es wird nun wohl auch weiter klar, wie ich die Annahme einer in der Peripherie beginnenden und gegen die Achse fortschreitenden Verkalkung auffasse: Die Kortikalschicht ist eine Verkalkung des zunächst rein organisch vorgebildeten Schmelzgewebes bis zu

Tafel III Fig. 14.

einer gewissen Grenze, welcher der Zentralkörper nachfolgt, ja sie endlich bezüglich der Intensität gewöhnlich überholt. v. Ebner stellt sich dagegen vor, daß die Tomesschen Fortsätze die ersten Ausgangspunkte der Verkalkung sind und direkt mit einem sofort solid verkalkten Prisma zusammenhängen. Er berichtet von der definitiven Ausbildung der Prismen, daß „die Kittsubstanz der natürliche Weg ist, auf welchem noch Gewebeflüssigkeit, die jedenfalls auch Kalksalze in Lösung enthält, zugeführt wird." Dieser Weg ist aber doch für die spätere Zuführung der Kalksalze nicht der einzige, ja wahrscheinlich der schlechtere. Denn die Kittsubstanz v. Ebners nimmt schon sehr bald neutrale Farbstofflösungen überhaupt nicht mehr an, während sein Prisma noch lange Zeit ausgezeichnet gefärbt ist! Ganz dasselbe Bild sahen wir bei Anwendung der Silberimprägnation nach Bielschowsky. Da liegt denn doch der Schluß sehr nahe, daß der Zentralkörper auf direktem Wege die kalkführende Gewebsflüssigkeit besser in sich aufnimmt, fortleitet und zur Ausscheidung der Kalksalze bringt. Letztere haben offenbar selbst in den Scheiben noch ein sehr lockeres Gefüge. Es ist eben bei der Entwicklung des Schmelzes physiologisch bisher viel zu wenig berücksichtigt worden, daß die Schmelzzellen noch sehr lange Zeit — bis zu ihrer Atrophie vor dem beginnenden Wurzelwachstum des Zahnes — auch auf die älteren Schichten einen ernährenden Einfluß üben, indem sie weiter Kalksalze noch auf diese weiten Strecken hin abzulagern vermögen. Eine vorzeitige Sistierung dieser Tätigkeit tritt offenbar nur selten ein und führt dann zu Anomalien der Struktur, wie sie z. B. die gegebenen Figuren gerade bezüglich der Querstreifung zum Ausdruck brachten. Faßt man das primäre Produkt der Schmelzzellen als organisches, einheitliches Substrat auf, in welchem die Kalksalze in der oben beschriebenen Weise eingelagert werden, so kann man wohl verstehen, daß alle Teile dieses Zellproduktes, besonders aber der viel längere Zeit färbbare Zentralkörper noch unter dem ernährenden Einflusse der eigentlichen Zelle stehen, solange diese funktioniert.

Unter den entwickelten Gesichtspunkten wird die äußere Schicht des Prismas in seiner Bildungsperiode schneller zum mehr passiven, der Verschmelzung mit dem Nachbarzellenprodukt dienenden, der Zentralkörper aber hauptsächlich zum ernährenden Teil des organisch vorgebildeten Produktes der Schmelzzelle.

Die bald beginnende Ausscheidung der Kalksalze in das soeben präformierte organische Gewebe bedingt neben einer Volumenvermehrung einen Kampf um den Raum, eine Pressung zwischen den einzelnen Elementen, die sich für die gute Anlagerung aneinander der denkbar günstigsten Formgebung, nämlich des Sechseckes bedienen. Nur durch diesen Kampf um den Raum, welchen die einzelnen Schmelzzellen mit ihrem Produkt nicht nur unter sich, sondern auch in Gruppen bei der weiteren Entwicklung ausfechten, ist es aber auch zu erklären, daß die Prismen von jener Normalform abweichen und gelegentlich sogar lang ausgezogene Leisten an den Seiten zeigen, welche sich zwischen nicht unmittelbar anliegende Prismen erstrecken können. Im allgemeinen dürfte es Regel sein, daß an den Stellen, wo bei sonst normaler Entwicklung die Schmelzsäulen durch den Kampf um den Raum die größten Pressungen, Drehungen, Windungen erleiden, und Abweichungen von dem Prinzip der zentrifugalen Anordnung entstehen, die Kortikalschichten eine mangelhaftere Verkalkung und dadurch eine dunklere Konturierung aufweisen. Dieses letztere Phänomen tritt bei trocken gewordenen Schliffen fertiger Zähne um so mehr in die Erscheinung, je größer und breiter die organische Masse der Kortikalschicht und je schwächer die Verkalkung dieser gegenüber dem Zentralkörper ist. In den einfach gebauten kegelförmigen Zähnen besonders der Selachier ist eine gleichmäßigere und vollkommenere Infiltration der Kalksalze möglich, während in den komplizierten Zahnformen höherer Tiere Knickungen, Drehungen, Pressungen und Schiebungen von einzelnen Schmelzsäulen oder von ganzen Gruppen derselben innerhalb des sich entwickelnden Gewebes viel häufiger statthaben. Im ersteren Falle kann deshalb die dunkle Konturierung ganz verschwinden, im letzteren dagegen an den betroffenen Stellen selbst dem übrigen Gewebe gegenüber noch sich bedeutend verstärken.

Tafel IV Fig. 17. — Fig. 18. — Tafel V Fig. 19.

In den weitaus meisten Fällen ist im normalen fertigen Schmelz die Kortikalschicht bis auf winzige Reste gut verkalkt. Solche rein organischen Überbleibsel der primären Anlage täuschen dann die „Schmelzfasern" vor, welche nach Ansicht einiger Autoren ganz besonders die Ernährung des fertigen Schmelzes besorgen sollten, da solche Bilder sich vielfach an der Dentin-Schmelzgrenze vorfinden. Bei Durchsicht zahlreicher Schmelzschliffe lassen sich solche Gebilde aber ebenso gut mitten im Schmelz ohne jeglichen Zusammenhang mit dem dar-

unter liegenden oft ganz normalen und mit keinen „Fasern" versehenen Schmelzgewebe konstatieren. Besonders häufig und gut ausgebildet findet man aber solche „Fasern" zwischen den Schmelzprismen an der Oberfläche des Schmelzes. Fast die ganze Dicke eines im Übrigen normalen Schmelzes trennt dann diese Fasern von dem Dentin. Auch hier kann von keiner Schmelzfaser für eine Saftströmung oder sonstige nutritiven Vorgänge vom Zahnbein her die Rede sein, sondern es handelt sich wieder um den Ausdruck einer mangelhaften Verkalkung der Kortikalschicht. Die Nichtvollendung der normalen Verkalkung seitens der Schmelzzellen innerhalb umschriebener Bezirke läßt diese Störungen besonders an der Dentin-Schmelzgrenze, wo die jungen Elemente im Kampf um den Raum ausfechten, und an der Schmelzoberfläche zur Geltung kommen, wo die Schmelzzellen in ihrer normalen Produktion von Schmelz erlahmen, weil sie sie selbst absterben.

Man kann von einer gestörten Verkalkung der Kortikalschicht also sehr verschiedenartige optische Bilder erhalten. Gelegentlich findet man bei ihr sogar nur eine körnige Kalkablagerung, wie sie die Fig. 20 zeigt. **Fig. 20.**

Je weniger der Zentralkörper mit Kalksalzen angefüllt wird, um so weniger wächst sein Durchmesser und die Kortikalschicht bleibt breiter; dementsprechend ist die Lichtbrechung in ihnen um so verschiedener. **Fig. 21.** Der Zentralkörper ist dann auch bedeutend dunkler konturiert als bei normaler Verkalkung der Schmelzprismen. Tritt mangelhafte Verkalkung des Zentralkörpers durch eine zeitweise Störung während der Entwicklung bei einer großen Anzahl von Schmelzprismen gleichzeitig ein, so entstehen die Streifen des Retzius in großem Maßstabe. **Fig. 22.** Letztere können in leichteren Fällen zwar auch durch eine zeitweis geringere Verkalkung der Kortikalschicht allein verursacht werden. **Tafel VI Fig. 23.** Zumeist sind aber diese beiden Formen miteinander vergesellschaftet, wie es aus den beifolgenden Figuren sich ergibt. In ganz schweren Fällen kann eine allgemeine sehr geringe Verkalkung des gesamten Zentralkörpers zum Ausdruck kommen. Diese Erscheinung entspricht wieder einem bestimmten Stadium der Kalkeinlagerung bei der Entwicklung des Schmelzgewebes nämlich dem ersten. Man vergleiche die Fig. 24 bei n mit den Bildern der ersten Entwicklungsperiode des Schmelzes, wie sie Fig. 9 darstellt. Auch die Linien des Retzius beweisen, daß die Kortikalschicht und die organische Substanz, welche

die Querstreifung des Schmelzes hervorruft, ein einziges, gleichartiges Gebilde sind.

Bei allen diesen bisher besprochenen Anomalien der Verkalkung ist Voraussetzung, daß die Energie der Schmelzzellen Kalksalze in das organische Substrat auszuscheiden, nur zeitweilig unterbrochen wurde, während die Schmelzzellen selbst dauernd keine pathologischen Veränderungen erleiden. Letzteres kann allerdings bei Trauma oder schweren konstitutionellen Erkrankungen dergestalt auftreten, daß die Ameloblasten einer vorzeitigen Atrophie verfallen. **Fig. 25.** Ich gebe in Fig. 25 den Zahnkeim eines neugeborenen Kindes mit angeborener Lues wieder, bei welchem man die schon frühzeitig atrophierten Schmelzzellen nicht mit den schön ausgebildeten parallelen Zellleibern, sondern nur noch die sehr unregelmäßig liegenden Zellkerne erkennt. Solche eingreifenden organischen Veränderungen der Schmelzzellen erzeugen dann schwere innere und äußere Schmelzhypoplasien. Die gleichzeitig auftretende äußerst mangelhafte Verkalkung des Zahnbeins führt zu der Bildung von zahlreichen Interglobularkugeln, ein sicheres Zeichen, daß diese Störungen der Verkalkung des gesamten Zahnkeimes vielfach sogar auf allgemeine Ursachen zurückzuführen sind.

Wir müssen noch einen Blick auf die kolbenförmigen Fortsätze werfen, **Fig. 26.** welche als Endigungen der Dentinkanälchen oft ziemlich weit in das Schmelzgewebe hineinragen und den besten Ernährungsweg vom Zahnbein her bilden könnten, wofür sie auch schon früher z. B. von Bödecker u. A. angesprochen sind. Ich habe mich über ihre Natur und Eigenschaften schon vor zwei Jahrzehnten geäußert. Meine damaligen Angaben habe ich jetzt an vielen alten Zähnen **Tafel VII Fig. 27.** des Menschen und der Anthropomorphen nachgeprüft. Trotzdem man sie an solchen Objekten sogar von der Pulpa her durchfärben kann, liegen die kolbenförmigen Fortsätze gar nicht so selten in höchst mangelhaft verkalktem Schmelzgewebe, ohne daß in letzterem auch nur der geringste Ausgleich oder eine sichtbare Zufuhr von Kalksalzen zu konstatieren ist. Selbst diese für eine eventuelle Ernährung und spätere Konsolidierung des fertigen Schmelzes denkbar günstigsten Gebilde lassen also eine biologische Tätigkeit für das Schmelzgewebe eines durchgebrochenen Zahnes nicht erkennen.

Somit kommen wir nach allen diesen Erörterungen zu dem Schlußsatze: Eine physiologische Tätigkeit des Zahnbeines **durchgebrochener**

Zähne, welche zu einer **weiteren** Konsolidierung des **Schmelz**gewebes führt, **existiert nicht.**

Zuweilen sieht man bei beginnender Karies eine gewisse Aufhellung des Schmelzgewebes in der Durchsicht, die G. Fischer wohl mit „Transparenz des Schmelzes als Ausdruck für die vitale Energie auf gewisse Reize" gedeutet hat. G. Fischer glaubt offenbar hier eine Analogie mit transparentem Zahnbein vor sich zu haben, ein Irrtum, der sich leicht aufklärt, wenn man solche Stellen mit Farbstoffen behandelt. Im Schmelz werden dann solche mehr durchsichtigen Stellen sehr schön gefärbt, weil diese Art von Transparenz von der Säurewirkung, also einer Entziehung der Kalksalze herrührt, während sie im Zahnbein durch eine Vermehrung derselben entsteht. Eine gewisse Transparenz des Schmelzes bei beginnender Karies mit transparentem Zahnbein zu vergleichen, ist deshalb absolut unzulässig. Die Feststellung, daß in dem Schmelz durchgebrochener Zähne ein Stoffwechsel zur weiteren Konsolidierung dieses mangelhaften Schmelzgewebes nicht zu konstatieren ist, wird natürlich von der einschneidensten Bedeutung für die Frage von dem wirklichen Nutzen der Erdsalze bei der Entwicklung und der Möglichkeit einer eventuellen Steigerung der Zufuhr von Kalksalzen auf künstlichem Wege während des Bestandes der Zähne. Denn nach dem Ergebnis meiner anatomisch-physiologischen Untersuchung muß ich den Satz aufstellen: Eine weitere Konsolidierung des Schmelzgewebes kann nur so lange stattfinden, wie die Schmelzbildungszellen des betreffenden Zahnes funktionieren.

Wir wollen nun sehen, welche Bedeutung diese Ergebnisse für die Lehre von der Karies haben, deren Ätiologie zunächst kurz skizziert werden soll.

Faßt man die Entstehungsursache der Zahnkaries unter Berücksichtigung der pathologischen Anatomie und der klinischen Erscheinungen möglichst weit, so kommt man zu folgendem Grundgedanken: Zahnkaries tritt auf, wenn von außen eingeführte Substanzen den Schmelz chemisch anzugreifen vermögen. Ob dabei sofort freie Säuren zur Geltung kommen oder erst gärungsfähige Stoffe zu Säuren umgewandelt werden, ist für das Resultat gleichgültig. Letzteres besteht in einer Veränderung der ursprünglichen Struktur mit nachfolgender Zerstörung der äußeren Form des Zahnes. Fast ausschließlich wird die Entstehung solcher Substanzverluste in den Zähnen durch das Verweilen

der auf die Zahngewebe chemisch wirkenden Substanzen in besonderen Retentionsstellen hervorgerufen. Diese Retentionsstellen sind zweierlei Natur, sie werden entweder durch die Form, Größe und Stellung der Zähne gebildet, oder sie sind vitia primae formationis der harten Zahngewebe selbst. Das Entstehen der Zahnkaries in den Fissuren der Backenzähne zwischen stärker ausgebildeten Höckern, ihr leichteres Auftreten zwischen Zähnen mit längeren Kronen unmittelbar unter dem Berührungspunkte, sowie das Gedrängtstehen der Zahnreihen bei unseren zivilisierten Nationen sind einige Beispiele für äußere Bedingungen des Zustandekommens der Zahnkaries. Mikroorganismen bewirken allein noch keine Karies. Erst wenn sie ihre Tätigkeit in Retentionsstellen für gährungsfähige Speisereste entfalten können, unterliegt das anliegende Gewebe dem Verfall durch Erweichung. Wird es möglich, solche Retentionsstellen früh und schnell nach dem Durchbruch der Zähne auf natürliche oder künstliche Weise zu beseitigen, so tritt Karies überhaupt kaum auf.

Der wichtigste Teil unserer heutigen zahnärztlichen Therapie der Zahnkaries besteht deshalb mit dem größten Rechte in der Fortschaffung der Retentionsstellen, sei es nun, daß wir einen im Gewebe entstandenen Defekt genau in der ursprünglichen Form aber mit möglichst unangreifbarem Material ausfüllen, oder daß wir die zu enge Stellung oder gar wirkliche Unregelmäßigkeiten der Stellung durch Erweiterung des Raumes für die Zähne oder durch Extraktion von Zähnen beseitigen. Fast in jedem Munde können wir erkennen, wie notwendig einerseits ein gewisser Raum für eine gute Existenz der Zähne ist, um die natürliche Selbstreinigung der gesamten Kronen durch den Kauakt zu ermöglichen und wie andererseits eine Retentionsstelle an einem Zahne nicht allein diesen selbst zerstört, sondern auch den Nachbarszahn in Mitleidenschaft zieht. Sehen wir doch fortwährend, daß durch die Vernichtung der Retentionsstellen also entweder durch Füllen oder Extraktion der primär erkrankten Zähne auch die beginnende Karies eines sekundär erkrankten Nachbarzahnes auf einmal nur äußerst langsame Fortschritte macht. Für das überaus häufige Auftreten der Zahnkaries und vieler Stellungsanomalien bei den heutigen zivilisierten Rassen ist also in allererster Linie der zu geringe Raum für die Zähne verantwortlich zu machen. Er ist die Ursache für die vermehrte Wirksamkeit von Säuren, welche die Kalksalze aus den Zahngeweben extrahieren.

Aus meinen vergleichenden Untersuchungen über die Kiefer und Zähne der diluvialen Menschen geht mit aller Deutlichkeit hervor, daß nicht nur der Alveolarfortsatz, sondern auch der Kieferkörper seit der Diluvialzeit um ein Bedeutendes an Größe reduziert ist, während die Zähne einer notwendigen korrelativen Verkleinerung weit weniger unterlagen. Letztere sind noch in ihrem Größenverhältnis ein altes Erbstück aus der Ahnenreihe des Menschen. Bestrebungen der Natur, eine ausgleichende, zweckmäßige Größen-Korrelation zwischen Kiefer und Zähnen herbeizuführen, sehen wir in den Anfängen der Reduktion der dritten Molaren, der kleinen Schneidezähne und der zweiten Prämolaren. Aber sie genügen bei der viel zu klein gewordenen Basis für die Zahnentwicklung bei weitem nicht. Es kam noch ein weiteres wichtiges Moment hinzu. Die Folge der großen Reduktion der Kiefer war ein Zurücktreten der menschlichen Zahnreihen in dorsaler Richtung und ein Aufrichten der ersteren zur Orthognathie. Betrug doch das Zurückgehen der Spitzen der unteren Schneidezähne nach dem Kiefergelenk zu mindestens zwei Zentimeter! Denn der Abstand des letzteren bis zu den Schneidezähnen erstreckte sich in der Diluvialzeit bis zu 125 mm, während wir heute z. B. unsere ganze Lehre von den Artikulatoren auf das Bonwillsche Dreieck und seine Maße von 100 Millimeter stützen. Mit der Formierung der Orthognathie im eigentlichen Sinne des Wortes wurde auch das menschliche Gebiß orthodont. Die aufsteigenden Kieferäste verhinderten aber ein genügendes Zurücktreten der Zahnreihen beim Kulturmenschen und die Folge war und ist noch heute ein Kampf der einzelnen Zähne um den viel geringer gewordenen Raum im Kiefer mit bedeutungsvollen Begleiterscheinungen. Diese bestehen vornehmlich in der äußerst engen Stellung aller Zähne, dem vielfachen Entstehen zahlreicher Stellungsanomalien, sowie erschwerten Durchbruch der dritten Molaren bei den zivilisierten Rassen. Die rein orthognathen Völker — und das sind die meisten Kulturvölker — leiden am stärksten an diesen Folgen der Reduktion des Kieferkörpers und der dadurch bedingten topographischen Lage des Alveolarfortsatzes, während unsere heutigen tieferstehenden Rassen offenbar durch den ziemlich energischen Gebrauch des Gebisses gewöhnlich wenigstens noch eine Prodentie besitzen, durch welche die soeben genannten Fehler des Gebisses der zivilisierten Rassen vermieden werden. Die Umbildung der Kiefer zur Orthognathie seit der

Tafel VII Fig. 28.

Diluvialzeit und die damit verbundene ungeheure Vermehrung von Retentionsstellen für Speisereste, welche freie Säuren enthalten oder solche durch Gärung produzieren, bilden also die beiden Grundfaktoren für das enorme Vorkommen der Zahnkaries bei den zivilisierten Rassen. Direkte Ursache für die Entstehung der Karies ist die künstliche Vorbereitung unserer Nahrungsmittel durch die heutzutage stark verfeinerte Kochkunst, welche die mechanische Zerlegung der Speisen schon teilweise vor dem Kauakte erzeugt, und die Leichtigkeit der chemischen Umsetzung der Nahrungsmittel seitens der Fermente bedingt. Erst durch die Kochkunst werden viele Nahrungsmittel zwar für die Verdauung besser aufgeschlossen, aber auch leichter gärungsfähig gemacht; sie wirken dadurch stärker und schneller entkalkend auf das Schmelzgewebe. Daß hier die Kohlehydrate an erster Stelle stehen, erscheint unzweifelhaft. Miller hat das schon ebenso behauptet, wie den Einfluß von Retentionsstellen.

Daß es nur Retentionsstellen sind, welche die Zahnkaries durch die mit jenen auftretende Wirkung gärungsfähiger oder freie Säuren enthaltender Substanzen veranlassen, dafür bietet die Natur uns prägnante Bilder. Zum Beispiel kann bei mangelhafter Bildung, ja selbst bei begonnener Erweichung der Zahngewebe direkt aus einem kariösen Defekte der sonst äußerst schnell verlaufende Prozeß noch durch Vernichtung der Retentionsstelle auf natürlichem Wege fast zum Stillstand kommen. Man denke nur einmal an die mit äußerst starken Hypoplasien behafteten ersten Molaren von Kindern, welche in der Zeit der Zahnentwicklung schwere Allgemein-Erkrankungen durchgemacht haben. Der Karies ist hier zunächst Tür und Tor geöffnet, denn die Struktur der Zahngewebe ist nach jeder Richtung hin die denkbar schlechteste. Die vorhandenen, äußerlich in die Erscheinung tretenden Hypoplasien dieser Zähne sind unmittelbar nach dem Durchbruch die denkbar besten Retentionsstellen und die Karies befällt die Zähne zumeist sehr schnell und in größtem Umfange, wenn nicht in manchen Fällen durch den eintretenden Kaudruck die auf der Kaufläche hervorragenden und als Fänger von Speiseresten dienenden Schmelzzacken bald abbrechen würden und eine glattere Oberfläche entstünde. Ja diese kann durch die mittels harter Nahrungsmittel beim Kauakt schleifende Wirkung der Antagonisten sogar eine schöne Politur annehmen. Die Karies erhält damit einen viel langsameren Verlauf. Nur infolge der jetzt mangelnden Retentionsstelle für

Speisereste sehen wir die oberflächliche, kariöse Erweichung des Zahnbeins gelegentlich fast ganz verschwinden; denn man kann selbst mikroskopisch gewöhnlich nur ein geringes Eindringen von Mikroorganismen in die freiliegenden, auf kurze Strecken hin etwas erweiterten Dentinkanälchen feststellen. Eine größere Erweichung der Interzellularsubstanz findet jedenfalls überhaupt nicht mehr statt. Denselben Vorgang sieht man gelegentlich auf den Frontflächen der Vorderzähne, wo am Zahnhalse oder auch auf der Mitte der Flächen sich zunächst beginnende Karies zeigt. Diese kann z. B. unter der mechanischen Wirkung eines nun angewandten, stärkeren Zahnpulvers in sogenannte keilförmige oder auch schalenförmige glattpolierte Defekte übergehen. Besonders die Defekte der ersten Molaren bezeichnete man früher und teilweise auch heute noch fälschlich als „ausgeheilte Karies", ein Ausdruck, welchen ich schon seit Jahrzehnten bekämpfe. Denn Karies bedeutet einen Substanzverlust, einen Defekt, und ein solcher heilt bekanntlich weder im Schmelze noch im Zahnbein aus, sondern bei dem eingetretenen Mangel an Retentionsstellen wird der Prozeß nur zu einem ausgesprochen chronischen, also äußerst langsam fortschreitenden. Dieser eigenartige Verlauf einer Karies tritt besonders ein, wenn wenigstens die tiefer gelegenen Zahnbeinschichten einigermaßen gut verkalkt sind und die Pulpa am Leben bleibt. Auch hier zeigt es sich, daß die Mikroorganismen der Mundhöhle als solche und für sich allein überhaupt keine deletären Wirkungen auf die harten Zahngewebe und besonders nicht auf das lebende Zahnbein ausüben können, sondern daß dies nur freie Säuren oder die durch Mikroorganismen in den Retentionsstellen chemisch umgesetzten Nahrungsmittel vermögen.

Das für eine Gärung notwendige längere Verweilen der Ingesta in den Retentionsstellen kann natürlich ungestört weit besser bei festeren mehr mechanisch festgehaltenen Substanzen geschehen. Flüssigkeiten, wenn sie nicht freie Säuren enthalten, bilden entweder nur die Nährstoffe für die in schon entkalkten Geweben sitzenden Mikroorganismen oder, können wohl auch in ein von vornherein mangelhaftes verkalktes Gewebe allmählich weiter eindringen, selbst wenn eine Retentionsstelle nicht vorhanden ist. Dafür sind Fälle von ausnehmend chronisch verlaufender Karies in den ersten Molaren ein sehr gutes Beispiel. Das freiliegende, glänzend polierte Zahnbein wird bei einem solchen Defekt durch die Farbstoffe der Nahrungsmittel vom gelb bis zum tief dunkelbraun gefärbt. Diese

Pigmentierung nimmt einen um so größeren Umfang an, je mehr das freiliegende Zahnbein vitia primae formationis bezüglich seiner Verkalkung hat. Interglobularräume, das unzweifelhafte Zeichen einer mangelhaften Verkalkung sind häufiger in ihnen enthalten und deswegen werden die Kauflächen der ersten Molaren gewöhnlich weit stärker pigmentiert, als die keilförmigen Defekte an den Zahnhälsen. Die letzteren Defekte, ganz vornehmlich auf mechanischer Abreibung der harten Zahnsubstanzen beruhend, haben ihre Basis gewöhnlich in einem gut formierten Zahnbein, welches — selbst nach jahrzehntelangem Freiliegen — nicht die intensive Verfärbung der ersten Molaren zeigt. Farbstoffe der flüssigen Ingesta können also in ein gut verkalktes lebendes Zahnbein weniger gut eindringen.

Ähnliche Erscheinungen weisen jene Bildungsfehler auf, welche anfangs als weißliche Flecke unter einer glatten Schmelzschicht der Frontflächen z. B. an den Bicuspidaten, aber auch an den Vorderzähnen zu beobachten sind. Sie beruhen auf einer meist zirkumskripten, mangelhaften Verkalkung innerer Schmelzpartien, während die Oberfläche dieses Gewebes wieder normal erscheint. Die Störung in der bildenden Tätigkeit der Schmelzzellen war also wie bei den Streifen des Retzius nur eine zeitweilige. Ich möchte diese Schmelzanomalien direkt als innere Hypoplasien bezeichnen. Sie können viele Jahre auf dem ursprünglichen Standpunkt verharren. Dann findet — nicht selten ziemlich schnell — eine Verfärbung der weißlichen Partien ins Bräunliche statt, die Mundflüssigkeiten haben Zutritt zu den mangelhaft verkalkten Schmelzpartien gefunden und lagern Farbstoffe in sie ein. Eine Vergrößerung des ursprünglichen Bildungsfehlers durch Karies tritt aber trotz der intensiven Färbung meist recht langsam auf. Wenn auch Mikroorganismen in diesen, den flüssigen Nahrungsmitteln zugänglichen Kavernen sehr wohl existieren können, so fehlt doch zum schnellen Fortschreiten der Karies wieder die Retentionsstelle für feste Speisereste. Ist letztere aber eventuell einmal z. B. durch Einbruch der Oberfläche entstanden, so nimmt die Karies in einer solchen Stelle schnell einen großen Umfang an, und das Bild entspricht nun in allen Einzelheiten einer unterminierenden Karies. Die Mikroorganismen des Mundes können somit innerhalb der harten Zahngewebe lange Zeit vegetieren, ohne daß es durch sie zu einer größeren Entkalkung der letzteren, also zur eigentlichen Karies zu kommen braucht.

Auch die zahlreichen Sprünge im Schmelze, wie sie in den meisten länger in Gebrauch gewesenen Zähnen vorkommen, sind nur selten der Ausgangspunkt einer schnelleren und größeren Karies, trotzdem sie den Mikroorganismen wie den flüssigen Nahrungsmitteln durchaus zugänglich sind, ausgenommen, wenn sie im Bereich einer Retentionsstelle für Speisereste liegen. Dann allerdings prädisponieren auch sie das Schmelzgewebe zu einem schnelleren und stärkeren Zerfall, weil sie dauernd für die auf der Oberfläche immer neu entstehenden chemischen Umwandlungsprodukte als gute Leiter bis zu einer großen Tiefe im Gewebe dienen.

Die gleiche Rolle spielen nun alle die oben beschriebenen zahlreichen Schmelzanomalien mikroskopischer Natur, welche im Gebisse des Menschen in der verschiedensten Größe und Form vorkommen, also die mangelhaften Verkalkungen einzelner oder ganzer Gruppen von Schmelzprismen. Unzweifelhaft veranlassen die schwersten dieser Anomalien eine schnellere Entwicklung der Karies nach der Tiefe, wenn sie in Verbindung mit einer Retentionsstelle stehen. Sie können sogar letztere durch einen Einbruch des Gewebes infolge der mechanischen Gewalt des Kauaktes z. B. an Weisheitszähnen direkt hervorrufen und die Karies dieser Zähne dadurch in hohem Grade fördern. Die mit Erdsalzen nicht beladene organische Substanz ist häufig ein guter Leiter für die Säurewirkung von den oberflächlicheren Lagen.

Anderseits darf man aber auch die alleinige Bedeutung der Anomalien der Verkalkung der Zahngewebe für die Entstehung der Zahnkaries nicht überschätzen. Denn sie sind nicht allein in Zähnen vorhanden, die leicht zur Karies neigen, sondern finden sich auch in äußerlich gesunden Zähnen. Sie sind ferner nicht allein im Gebisse des Kulturmenschen, sondern auch bei tiefstehenden, kaum zur Karies neigenden Völkerschaften zu beobachten. Ja diese Anomalien sind noch nicht einmal eine spezifische Eigenschaft des Menschen, sondern auch viele Tiere besitzen sie. Ich zeigte ja oben, daß die Zähne der großen Anthropomorphen z. B. die Retziusschen Streifen, also Bildungsanomalien schwerster Natur oft in ausgedehntestem Maßstabe haben. Der Orangutan zeigt sie z. B. durchgehend auf den Kauflächen seiner Molaren, so daß man hier die Streifen des Retzius überhaupt nicht mehr als Anomalie bezeichnen kann. Von anderen mangelhaften Verkalkungen des Schmelzes wie beim Menschen gebe ich in Figur

Taf. VIII Fig. 29. 30, 31, 32. 29—33, nur ein paar Bilder von Zähnen der Anthropomorphen, die an Schwere des Falles sich durchaus nicht von einander unterscheiden. Trotzdem findet man bei den Anthropomorphen nur äußerst selten Karies.

Tafel IX Fig. 33. Wir können ferner beobachten, daß auch menschliche Zähne mit umfangreichen Hypoplasien — also Zähne mit höchst mangelhafter Struktur — bis in das späteste Alter ohne Karies persistieren, wenn diese Struktur nicht mit einer Retentionsstelle für feste Speisereste zusammentrifft. Einfache Imbibitionen des flüssigen Mundinhaltes, welche diese Anomalien erreichen, erzeugen in ihnen die Karies sicherlich nur in den allerseltensten Fällen. Dasselbe gilt von Zähnen mit verschiedener Farbe. Ich habe mich nicht davon überzeugen können, daß bei den blauen Zähnen die Struktur im Schmelz um ein so bedeutendes schlechter ist, als bei gelben Zähnen, so daß man die größere Hinfälligkeit der ersteren allein dadurch genügend erklären könnte. Manche gelben Zähne nämlich diejenigen von großer Kronenlänge sind mindestens ebenso zur Karies geneigt. Die Farbe des Zahnes bedingt übrigens zumeist das darunter liegende Zahnbein und nicht der Schmelz. Auf Grund aller meiner mikroskopischen und makroskopischen Beobachtungen formuliere ich deshalb folgenden Satz: Bildungsfehler der Schmelzstruktur selbst schwerster Natur bedingen an sich **nicht** das Entstehen der Karies. Für die letztere müssen **gleichzeitig** jene beiden obenerwähnten Grundfaktoren mit ihren Begleit- und Folgeerscheinungen zusammen treffen.

Wir kommen nun zu der Frage, ob eine Reizleitung im Schmelzgewebe vorhanden ist, die ja einzig und allein zu einer Konsolidierung des letzteren durch ein Ausscheiden der Kalksalze vom Zahnbein herführen könnte.

Es ist seit langem bekannt, daß das Zahnbein bei stärkerer Schmelzkaries Veränderungen zeigt, die sich nur auf eine vermehrte Lebenstätigkeit zurückführen lassen. Wir können beobachten, daß bis zur Dentingrenze gehende Sprünge, welche der Zahn schon in situ erlitten hatte, eine Vermittlungsrolle für eine Reizleitung durch chemische Wirkung von der Mundhöhle her ausüben können. Wir sahen, daß Hypoplasien vielfach eine weniger gut verkalkte Kortikalschicht zahlreicher Schmelzprismen aufweisen. Die Folge davon ist, daß ein solches Schmelzgewebe für die Mundflüssigkeiten gewissermaßen durchgängig ist und das Dentin mit einer vitalen Reaktion — der Transparenz — antwortet, ohne

Tafel IX Fig. 34.

daß Karies aufzutreten braucht. Wie energisch das gelegentlich vor sich geht, sieht man aus den beigegebenen Bildern. In Fig. 35 sehen wir eine starke Hypoplasie des ersten Molaren. Das Dentin wurde gegen die Schmelzgrenze hin möglichst konsolidiert und selbst aus den noch tiefer liegenden Schichten fand ein Abbau der Kalksalze offenbar zum Transport nach der entstehenden Reizstelle an der Dentinschmelzgrenze hin statt, um die transparente Zone zu verstärken, während die Pulpa sekundäres Dentin bildete. Das ist ein sehr energischer Lebensvorgang im Zahnbein. Aber nicht das geringste Anzeichen deutet darauf hin, daß im Schmelz eines durchgebrochenen Zahnes selbst auf einen solch' starken Reizvorgang hin eine weitere Konsolidierung des Gewebes stattfände, oder irgendeine andere oben beschriebene Anomalie der Verkalkung in ihm verbessert oder gar beseitigt würde. Etwaige Sprünge werden weder verändert noch werden die anliegenden Schmelzprismen beziehungsweise die Kortikalschicht besser verkalkt. Beide loca minoris restistentiae bleiben bis zum höchsten Alter auf demselben Standpunkt und der Beweis ist auch damit geliefert, daß der Schmelz eines durchgebrochenen Zahnes totes Gewebe ist, das auf den gesetzten Reiz im Gegensatz zum Zahnbein mit keiner vitalen Reaktion antwortet.

Fig. 35.

Grade weil das Schmelzgewebe tot ist, können die Mundflüssigkeiten besonders in ersterem bei mangelhafter Verkalkung schnell und weit vordringen und obwohl keine Karies entsteht, Reizerscheinungen im Zahnbein hervorrufen, die sich in der Ausbildung der Transparenz desselben äußern. Dadurch wird auch die Tatsache erklärt, daß z. B. Anilinfarbstoffe das tote fertige Schmelzgewebe extrahierter Zähne oft auf sehr große Strecken hin durchdringen, wenn mangelhaft verkalkte Abschnitte in dem Gewebe vorhanden sind, welche den Farbstoffen von der Schmelzoberfläche durch eine selbst mikroskopisch kaum sichtbare Stelle zugängig werden. Die Färbbarkeit einer solchen Stelle beweist aber durchaus noch nicht, daß dort Leben war. Im Gegenteil, gerade das tote organische Gewebe des trockenen Schmelzes färbt sich leichter und besser. Wir fixieren, also töten ja bei unseren mikroskopischen Untersuchungen vorher erst das lebende Gewebe, um gut färben zu können. Hier aber handelt es sich einzig um die Frage: Gibt es im Schmelz durchgebrochener Zähne Erscheinungen, die auf eine nachträgliche Einlagerung von Kalksalzen auf

Grund äußerer, entstandener Reize hindeuten? Diese Frage ist absolut zu verneinen, denn auch die Färbbarkeit seiner mangelhaften Verkalkungsstellen ist höchstens ein Beweis, daß eine weitere Verkalkung nicht mehr eintreten kann, weil das Gewebe kein Leben mehr besaß.

Wie weit im übrigen der Einfluß des durch den toten Schmelz fortgeleiteten Reizes in dem ganzen Organismus des Zahnes reichen kann, zeigt z. B. der Orang-utanzahn in Fig. 36, bei welchem die Pulpa schon auf der Verbindungsbrücke der beiden Wurzeln (!) eine Schutzvorrichtung in Form eines Dentikels in der Kronenpulpa zu bauen anfängt. Dagegen sind die in der Reizleitung liegenden zahlreichen, äußerst mangelhaft verkalkten Schmelzprismen nahe der Dentinschmelzgrenze auch nicht im geringsten verändert, obgleich das unmittelbar darunter liegende Zahnbein reichlich Transparenz, also eine starke vitale Tätigkeit zeigt. Wenn wir in dem einen vom Reize zunächst betroffenen und ihn später auch noch vermittelnden Gewebe nicht die geringste Veränderung, aber in dem darunter befindlichen Zahnbein, ja in dem ganz entfernt liegenden Pulpaabschnitte eine enorme Tätigkeit auf den gesetzten Reiz sehen, so ist damit bewiesen, daß in dem Schmelze auch keine physiologische geschweige denn nutritive Tätigkeit vorhanden ist. Sowie seine Schmelzbildungszellen also aufgehört haben zu funktionieren, ist jeder physiologische Stoffwechsel in ihrem Produkte ausgeschlossen. Der Zeitpunkt eines solchen liegt allein vor dem Zahndurchbruch in die Mundhöhle, und da die Durchbruchszeiten der Zähne beim Milchgebiß längst eingetreten sind, bevor von dem Kinde feste Nahrung in genügender Weise genommen werden kann, so liegt eine eventuelle Veränderung der Art der Entwicklung und des Grades der Verkalkung des Milchzahngebisses fast ausschließlich in der Zeit der Laktations-Periode. Aber auch die bleibenden Zähne werden bekanntlich sehr früh angelegt und verkalkt, so daß im fünften Lebensjahre z. B. die bleibenden Schneidezähne, sowie der erste Molar die Zahnhalsbildung zeigen. Wenn bei einem sechsjährigen Kinde der erste Molar durchbricht, sind die Kronen der übrigen bleibenden Zähne mit Ausnahme der beiden letzten Molaren schon ziemlich fertiggestellt und die Schmelzzellen der meisten Zähne längst funktionslos. Der Mensch behält also den Schmelz seiner Zähne in dem Zustand der Struktur, wie er vor Ablauf des ersten Lebensjahres für das Milch-

gebiß und mit Ablauf des siebenten Jahres auch nahezu für das bleibende Gebiß geschaffen ist, da es später, wie ich nachwies, keine nutritiven Lebensäußerungen im Schmelz gibt, welche etwa noch die zumeist sehr zahlreich vorhandenen Defekte des Gewebes auszugleichen vermöchten.

Damit verliert die von verschiedenen Seiten zu Gunsten einer besseren Zahnentwicklung und Zahnerhaltung propagierte Richtung ganz erheblich an Bedeutung, nach welcher vornehmlich Brot und Wasser in physiologisch-chemischer Beziehung durch ihren mehr oder minder großen Gehalt an Erdsalzen ein nennenswerter Faktor für die Entwicklung und spätere Widerstandsfähigkeit der Zähne gegen Karies sein sollen. Etwaige Einflüsse der Zufuhr von Erdsalzen auf andere Organe werden hier, als nicht zum Thema gehörig, absichtlich nicht in Betracht gezogen. Geschichtlich soll hier jedoch die wenig bekannte Tatsache angeführt werden, daß die Erdsalztheorie in ihrer Bedeutung für die Zähne schon älter ist, als man wohl allgemein annimmt. Der erste, welcher sie in allen wesentlichen Punkten für die Zähne aufstellte, war der Schweizer Zahnarzt M. Schlenker in seiner populär geschriebenen „Illustrierten Zahn- und Mundpflege" 1883. Schlenker sagte damals u. a. folgendes: ‚Es ist jedermann bekannt, daß die Zahnverderbnis in gewissen Ländern, ja in manchen Distrikten eine sehr diffuse ist, während die Bewohner in den angrenzenden Ländern oder Distrikten gute Zähne haben. Da die Schweiz den größten Bedarf der Nahrungsmittel vom Auslande bezieht, so liegt es in der Natur der Sache, daß nur die besseren Stoffe importiert werden so namentlich das feinere Mehl, welches kaum ein Prozent, die Weizenkleie dagegen fünf Prozent Salze hat. In den Distrikten, wo die Karies häufig ist, findet man auch Skrofulose und Blutarmut häufig, die Nahrung ist oft kümmerlich und knapp. Seit dreißig Jahren haben sich die Mühlsteine verbessert; die an phosphorsaurem Kalk so reiche Schale der Getreidefrüchte wird jetzt nicht mehr dem Mehle einverleibt, sondern als Kleie sauber getrennt und als Viehfutter verwendet ... Die Bohnen-, Erbsen- und Linsengerichte wurden verdrängt. Durch die feinere Nahrung hat auch die Karies zugenommen, denn Zahnlücken und künstliche Ersatzstücke gehören heute nicht mehr zu den Seltenheiten. Wir haben nun die Ursache der immer mehr überhandnehmenden Zahnverderbnis kennen gelernt und eine rationelle Behandlung wird somit auf keine Schwierigkeiten

stoßen. Das einzige Mittel ist: „Zufuhr von phosphorsaurem Kalk." Wenn wir die Knochen und Zähne durch Entzug von Kalksalzen erweichen, so liegt es auf der Hand, daß wir durch Beibringung derselben solchen auch auf die Beine helfen können. Die Kalksalze sind in allen Nahrungsmitteln und selbst im Wasser vorhanden. Zunächst ist es die Milch, das Ideal der Nahrungsmittel. Die Milch ist im Preise mindestens viermal billiger als Ochsenfleisch und hat dabei den Vorteil, daß sie alle Bestandteile in sich trägt, welche der Mensch zu seinem Unterhalte braucht. Sie ist für die ersten Lebensjahre auch vollkommen ausreichend, während ein erwachsener und arbeitender Mensch, um seinen Bedarf an Nahrungszufuhr zu decken, $5^1/_2$ Liter bedürfte, ein Quantum, welches der Magen nicht wohl bewältigen und den Körper zur Arbeit unlustig machen würde." Schlenker empfiehlt deshalb vor allem die Cerealien mit den Worten: „Ein Pfund Bohnen ist viel mehr wert, als ein Pfund Fleisch. Unsere Urgroßväter aßen regelmäßig ihr Bohnengericht, was ihnen Kraft, Mut und Stärke gab; während die heutige Generation durch die feinere Nahrung nicht nur ganz entnervt wird, sondern auch die Kieferbildung in der Entwicklung zurückbleibt, wie die Hand des Gelehrten gegenüber derjenigen des streng arbeitenden Bauern." Und von der Gravidität sagt Schlenker u. a.: „Wenn man bedenkt, daß innerhalb sechs Monaten das ganze Knochen- und Zahngerüst aufgebaut werden muß, so wird man sich wohl nicht mehr wundern, wenn ein Kind bei nicht genügender und kalkarmer Nahrung der Mutter rhachitisch zur Welt kommen kann. Es ist daher erste Pflicht der Mutter, für die nötige Kalkzufuhr besorgt zu sein: tägliches Essen von Schwarzbrot, Bohnen, Erbsen, Linsen."

In den zitierten Sätzen Schlenkers ist die ganze Erdsalztheorie enthalten, wie sie von neueren Autoren, wenn auch nach mancher Richtung hin in erweiterter Form gebracht wurde. Es ist merkwürdig, daß niemand später dieser für die Erdsalztheorie geradezu fundamentalen Arbeit überhaupt nur Erwähnung getan hat, zumal er u. a. auch noch für die spätere Widerstandsfähigkeit der Zähne fordert, daß der Mensch „bis und mit dem völligen Auswachsen" recht viel kalkhaltige Nahrung zu sich nehmen soll.

Wir wollen nun untersuchen, welche Bedeutung die Erdsalztheorie nach den obigen anatomisch-physiologischen Feststellungen für die Entwicklung, sowie den Bestand der Zähne in Wirklichkeit hat und ob besonders

die weitgehenden Folgerungen und Forderungen der neueren Autoren berechtigt sind.

Daß die Ernährung des Säuglings an der Mutterbrust das weitaus naturgemäßeste und beste ist, dieser alte Erfahrungssatz gilt sicherlich auch für die Zahnentwicklung. Bei einer eventuell jedoch notwendig werdenden künstlichen Ernährung des Säuglings wird der letzteren ein Hauptanteil an dem Gedeihen des Kindes zufallen, wenn sie die Verhütung von Ernährungsstörungen des ganzen Organismus ermöglichen kann. Für das Säuglingsalter kommt im übrigen die Wasser- und Brotfrage selbstverständlich nicht in Betracht.

Aber auch im weiteren Kindesalter erscheint es noch sehr zweifelhaft, ob eine Umänderung der alt hergebrachten Herstellung und Zubereitung des Brotes, wie es jetzt von Röse und anderen verlangt wird, für die schon weit fortgeschrittene Zahnentwicklung den Einfluß und den Nutzen hat, welche sich diese Autoren davon versprechen. Bekanntlich ist der Verdauungskanal des Kindes selbst bis zum 7. Lebensjahre von großer Reizbarkeit, und erfahrene Kinderärzte warnen direkt davor, Kindern bis zu diesem Alter eine sehr konsistente, und noch dazu viel Stärke und Zellulose enthaltende Kost zu geben. Daß andauernde Störungen des Digestionstraktus und damit der Ernährung bei der Zahnentwicklung eine wichtige Rolle bezüglich der Gewebebildung spielen können, steht doch unzweifelhaft fest. Wenn aber nach den Erfahrungen der Kinderärzte selbst nach dem siebenten Jahre noch bezüglich der an Zellulose reichen Substanzen eine gewisse Vorsicht für die allgemeine Entwicklung des Kindes erforderlich ist, dann hat die Brotfrage im Sinne Röses und seiner Anhänger bezüglich einer etwa besseren Zahnentwicklung keine Berechtigung. Wo eine Beeinflussung der Zahnentwicklung durch eine größere Zufuhr von Erdsalzen wirklich von Nutzen sein kann, nämlich hauptsächlich vom 2. bis 7. Jahre, kann ein stark zellulosehaltiges Brot durch eine einzige Verdauungsstörung von etwas längerer Dauer unter Umständen mehr Schaden wie Nutzen anrichten. Sicherlich können auch die wenigen Gramm Kalksalze, die der menschliche Körper zum Aufbau des Schmelzes der Zähne im Laufe von Jahren benötigt, einer auch nur einigermaßen zweckmäßig zusammengesetzten gemischten Kost, wie sie heute von den Kinderärzten für dieses Alter empfohlen wird, entnommen werden. Die den Darmkanal stark

reizenden Eigenschaften des Kleienbrotes haben ferner noch den Nachteil, daß nicht nur dieses Brot mit seiner eiweißreicheren Klebezellenschicht sondern auch andere Nahrungsmittel den Körper schneller verlassen und die eingeführten Nährstoffe nicht genügend ausgenutzt werden können. Es erscheint doch noch sehr fraglich, ob unter diesen Umständen ein solches stark zellulosehaltiges Nahrungsmittel, welches eine vollkommene Ausnutzung des Eiweißes und anderer Nährstoffe nicht zuläßt, im Organismus des jugendlichen Kindes besser für die Entwicklung des Zahnsystemes ist, als ein an verdaulichen Nährstoffen reiches Brot, wie es auch das Weizenbrot ist. Die Zellulose an sich ist für die Ernährung des Menschen bekanntlich nur ein Ballast. Es fehlt ihm der Muskelmagen der körnerfressenden Vögel, ebenso der Verdauungsmechanismus der Wiederkäuer. Aber auch bezüglich des Eiweißes und der übrigen Nährstoffe hat man in neuerer Zeit mit Recht darauf aufmerksam gemacht, daß es darauf ankommt, was der Körper aus den Nahrungsmitteln für die Verdauung herauszuholen vermag und nicht auf die prozentmäßige Menge an eingeführtem Eiweiß und anderen zum Aufbau des wachsenden Organismus notwendigen Substanzen. Ich muß hier leider das schöne Bild zerstören, daß das Kleienbrod als besonders kalkhaltiges Brot die Zahnentwicklung so beeinflussen könnte, daß die Karies wenigstens dadurch sichtbar vermindert oder gar aus der Welt geschaffen werden könnte. Es werden dadurch weder die Retentionsstellen noch die Gewebsfehler in ihrer Anlage verhindert oder gar später verbessert. Nur die mechanische Selbstreinigung der Zähne durch den dann notwendig erfolgenden stärkeren Kauakt ist ein Vorzug des groben Brotes, eine chemisch-biologische Wirkung für die Zahnentwicklung oder gar den Bestand eines Gebisses nach dem Durchbruch der Zähne kommt ihm nicht zu. Die Bedeutung eines mehr oder minder mit Erdsalzen beladenen Wassers ist keine andere als wie diejenige des Brotes, am allerwenigsten kann es die Struktur eines durchbrochenen Zahnes beeinflussen.

Auch für den Vegetarismus wird neuerdings zu Gunsten einer besseren Zahnentwicklung von verschiedenen Fachgenossen Propaganda gemacht. Aber ebenso wie die ganze Ausbildung seines Verdauungsapparates dem Menschen seine Stellung zwischen den Pflanzen- und Fleischfressern anweist, sehen wir aus seiner Vergangenheit, daß der Mensch selbst bei exzessiver Fleisch-

nahrung ein vorzügliches Gebiß besessen hat. Der diluviale Mensch mit seinem offenbar gegen Karies nahezu immunen Gebiß, ein ausgesprochener Jäger, hat unzweideutige Beweise in Gestalt der aufgeschlagenen Tierknochen ja von Kannibalismus hinterlassen, daß er die Fleischnahrung bevorzugte und auch heutige Jägervölker, wie Indianer und Eskimos haben die besten Zähne aller lebenden Rassen, trotzdem letztere wohl kaum besonders kalkhaltiges Wasser haben, sondern zumeist atmosphärische und deshalb kalklose Niederschläge zum Kochen ihrer nahezu ausschließlichen Fleischnahrung benutzen müssen.

Sicherlich ist ja eine Einführung von Zellulose für die Darmtätigkeit auch bei einem Kinde in bescheidenem Maße wünschenswert. Sie dürfte jedoch dem sich entwickelnden Organismus besser in der wässerigen und anregenden Form von Obst als in der trockenen Zellulose eines ungeschroteten, schwer verdaulichen Brotes gegeben werden, in welchem die Zellulose als unlösbarer Körper nur zum großen Ballast, zumeist aber durch ihre reizenden Eigenschaften direkt zur Schädlichkeit werden kann. Daß bei und nach dem Durchbruch der bleibenden Zähne härtere Substanzen im Allgemeinen, also auch das grobe Roggenbrot, dazu dienen können, eine gewisse Selbstreinigung des Gebisses, sowie vor allem das Kieferwachstum befördern, ist anderseits durchaus wünschenswert. Wie sehr bei mangelhafter Tätigkeit der Kaumuskulatur die Kieferentwicklung zurückbleibt, zeigt ja mein Experiment der einseitigen Zerstörung der Temporalis bei dem sich entwickelnden Kiefer eines Hundes. (Siehe Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 1910.) Daß aber auch hier nicht etwa die Pflanzennahrung, sondern nur der ausgiebige Gebrauch der Muskulatur in irgend einer Form für eine kräftige Entwicklung des Kiefers in Betracht kommt, beweist wieder der diluviale Mensch, bei welchem die Kieferäste in sagittaler Richtung viel breiter waren und der Temporalmuskel weit höher die Schädelkapsel als heute umspannte. Es ist für die Entwicklung der Kiefer viel wichtiger, daß sie kauen und viel belangloser, was sie kauen. Für den Aufbau des Schmelzes aber kommt der Kauakt überhaupt nicht in Betracht und damit entfällt der letztere in seiner Bedeutung auch nach dieser Richtung. Er gewinnt sie nur bezüglich der Erhaltung des Gebisses, weil von ihm die Selbstreinigung der Zahnreihen abhängt, welche die Karies wenigstens an den bestrichenen Flächen in ihrer Entstehung verhindert.

Unsere Kultur liefert bei der künstlichen Zubereitung der Nahrungsmittel äußerst leicht in Gährung übergehende Nahrungsmittel, welche in den durch die phylogenetische Weiterentwicklung der Kiefer gehäuften Retentionsstellen ihr Vernichtungswerk ausführen können, zumal, wenn die zahlreich vorhandenen Bildungsfehler mit ihnen vergesellschaftet sind.

Nachdem wir gesehen haben, daß nutritive, das Schmelzgewebe noch konsolidierende Vorgänge nach dem Durchbruch der Zähne nicht statthaben, scheiden Brot und Wasser für die Anlage und Verkalkung des Milchgebisses vollständig aus. Für dieses ist der Gesundheits- und Kräftezustand der Mutter vor und nach der Geburt bis zur Beendigung der Laktationsperiode ebenso maßgebend wie die Fernhaltung jeder Allgemeinstörung im ersten Lebens-Jahre des Kindes, wenn es sich um die Notwendigkeit einer künstlichen Ernährung handelt.

Brot und Wasser sind aber auch bei der notorisch frühzeitigen Anlage und Verkalkung des bleibenden Gebisses keine derart maßgebenden Faktoren, daß von ihrem künstlich zu vermehrenden Gehalt an Erdsalzen die Güte desselben individuell wesentlich beeinflußt oder gar grundlegend verbessert werden kann, dergestalt, daß Bildungsfehler im bleibenden Gebiß verringert oder verhindert werden. Denn diese sind in der ersten Anlage zu suchen, welche bei nahezu allen bleibenden Zähnen viel früher eintritt, als daß individuell durch ein besonderes Brot oder Wasser eine wesentliche Einwirkung erfolgen kann. Den Grund für eine schlechte Anlage legen neben einer gewissen Vererbung vom Vater wieder teils die Mutter vor und nach der Geburt des Kindes sowie etwaige Erkrankungen desselben bis zum Durchbruch der ersten bleibenden Molaren. Teils aber sind die vielfachen Bildungsfehler in der Verkalkung überhaupt nicht zu vermeidende Eigenschaften des hochspezialisierten Gebisses, vielfach ein Zeichen des Kampfes der Strukturelemente um den Raum bei der Entwicklung der komplizierten Formen, die durch das Gesetz der Vererbung vorgeschrieben sind.

Für die Erhaltung und Widerstandsfähigkeit unserer **Zähne** liegt deshalb nach meinen Untersuchungen die Berechtigung einer Revolutionierung des Wassers und Brotes als Volksnahrungsmittel in physiologisch-chemischer Beziehung also nicht vor. Ich will hier nicht auf die Frage eingehen, wie weit diese Forderung nach der mechanischen Seite für die Erhaltung der durchgebrochenen

Zähne in Betracht kommt, nachdem die Unmöglichkeit, durch sie die zahlreichen Bildungsfehler auszugleichen, feststeht. Desgleichen soll hier nicht erörtert werden, welchen Einfluß die künstliche Zufuhr von Erdsalzen im frühesten Kindesalter, wie sie ja auch schon von Schlenker empfohlen wird, auf die Zahnentwicklung hat. Ich halte sogar ein solches Vorgehen für einigermaßen aussichtsreich, wenn es gelingt ein leicht assimilierbares Kalkpräparat dem kindlichen Organismus ohne sonstigen Schaden einzuverleiben. Aber sicherlich sollte man bei allen solchen Bestrebungen nicht vergessen, daß eine rationelle Prophylaxe und Zahnpflege von Jugend auf sowie eine rechtzeitige Therapie die nun einmal nicht aus der Welt zu schaffenden Schäden **weit mehr** verhüten oder kompensieren können, als man je durch physiologisch-chemische Bestrebungen erreichen wird. Brachte die Kultur die Zahnkaries als unangenehme Beigabe für die Menschheit, so wollen und können nach Erkenntnis der Ursachen nur die Mittel der Kultur zur Bekämpfung der Karies angewendet werden, da wir zu dem ursprünglichen und allerdings natürlichen Zustande überhaupt nicht mehr zurückzukehren vermögen.

Wenn wir also auch nicht so sehr in das Gebiet der Vererbung bezüglich der Kieferformen mit der daraus sich ergebenden Zahnstellung als Rasseeigentümlichkeit einzugreifen geschweige denn ihre Folgen immer zu beseitigen vermögen, so sind Gesundheit und richtige Ernährung der Mutter vor der Geburt des Kindes, ferner eine gute Säuglingsfürsorge sowie die Ernährung bis zum beginnenden Durchbruch des ersten bleibenden Mahlzahnes sicherlich von grundlegender Bedeutung für die Ausbildung des Schmelzes und seine spätere Widerstandsfähigkeit. Eine richtige Jugendfürsorge bis zu diesem Zeitpunkte wird auch die Frage der Nahrungsmittel bezüglich eines genügenden Gehaltes an Erdsalzen berücksichtigen und man kann hier den Standpunkt Schlenkers in seiner fundamentalen Arbeit sowie den seiner Nachfolger durchaus teilen. In dieser Zeitperiode liegt das alleinige Heil unserer Zahnentwicklung und auch die Grundlage für ihre spätere Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse, welche ja die Karies hervorrufen. Es ist aber geradezu eine Schwärmerei neuerer Autoren, in späteren Jahren oder gar bei Erwachsenen durch ein an Erdsalzen reicheres Brot oder Wasser die Zahn- und besonders die Schmelzstruktur ver-

bessern zu wollen um so mehr, wenn die Absicht dabei besteht, die Zahnkaries zu vermindern oder vielleicht gar zu verhindern. Es fehlt für die Richtigkeit einer solchen Annahme jedweder einwandsfreie anatomisch-physiologische Beweis, der unbedingt bei den schwerwiegenden Forderungen der Verteidiger der Erdsalztheorie für den **Schmelz** erbracht werden müßte. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind nicht dazu angetan, die Wahrscheinlichkeit eines solchen Beweises auf einer unzweifelhaft notwendigen biologischen Grundlage näher zu rücken, viel weniger die an die Erdsalztheorie geknüpften Folgerungen zu erfüllen.

Noch viel weniger aber sind die gerade uferlosen Forderungen berechtigt, wie sie Röse in seinen letzten Aufsätzen und besonders in dem Artikel: Die „Grundursachen der Zahnverderbnis und die Endziele der Zahnhygiene" (Politisch-anthropolische Revue 1912 No. 8) aufgestellt hat. Darnach soll die mangelhafte Auslese im Kampfe ums Dasein der wichtigste Grund für die allmählige Verschlechterung im Bau der Zähne sein. Schlechte Zähne sollen nach Röse in der Regel nur eine Teilerscheinung allgemeiner körperlicher Entartung sein! Die am meisten entarteten, schlecht bezahnten Menschen müssen unerbittlich von der Verheiratung mit gesunden, gut bezahnten Gatten abgehalten werden! In katholischen Gegenden sollen solche körperlich entarteten Menschen in die Klöster gebracht und in evangelischen für dieselben Anstalten errichtet werden, um sie vom Heiraten abzuhalten! Durch solche Maßnahmen glaubt Röse unsere Rasse zu verbessern. Ich bin der letzte, der die Bedeutung der Zahnhygiene unterschätzt, aber ich muß doch dagegen Protest erheben, wenn für derartige „Endziele der Zahnhygiene" seitens eines Zahnarztes Propaganda gemacht wird. — Solche Thesen schaden meines Erachtens unserer Tätigkeit auf dem Gebiete der zahnhygienischen Bestrebungen auf das äußerste! Für das Wohlbefinden und Ernährung des einzelnen Kulturmenschen wie seiner Rasse gibt es doch noch andere, weit wichtigere Faktoren und Organe als seine Zähne, um auf dem Zustande der lezteren derartige Forderungen aufzubauen, wie es Röse tut. Dies um so mehr, als sich jetzt herausstellt, daß einerseits ein mangelhafter Bau der Zähne ein weit weniger wichtiger Faktor für die Entstehung der Karies ist, als man es bisher annahm. Anderseits hat Röse seine Forderungen wohl aus dem von ihm untersuchten jugendlichen Material hergeleitet. Denn wer auch

alte Personen mit oft von Jugend auf recht schlechtem Gebiß beobachtet hat, wird zahlreiche Fälle gefunden haben, in denen solche Leute sich trotzdem während ihres Lebens des besten Wohlbefindens erfreuten. Das gleiche gilt von ihren Kindern. Besonders auf dem Lande sind solche Beispiele zahlreich vorhanden. Umgekehrt zeigte ich, daß die Zähne der großen Anthropomorphen ganz ähnliche Bildungsfehler in der Struktur zeigen, obgleich die ersteren gegen Karies nahezu immun sind. Werden unsere Haustiere mit menschlicher Nahrung gefüttert, so unterliegen auch sie der Zahnkaries, aber nur in den etwa vorhandenen Retentionsstellen, ein weiterer deutlicher Beweis, daß unsere heutigen Nahrungsmittel durch ihre leichte, chemische Umsetzung die Karies hervorrufen.

Am Ende meiner Ausführungen angekommen, möchte ich nochmals betonen, daß nach meinen Untersuchungsresultaten der Versuch, auf chemisch-physiologischem Wege die Zahnkaries zu bekämpfen, selbst schon im späteren Kindesalter, sicher aber beim Erwachsenen äußerst wenig Erfolg haben wird, und daß dafür die möglichst allgemeine Verbreitung einer rationellen Zahn- und Mundpfege sowie eine rechtzeitige und richtige Therapie der nun einmal nicht aus der Welt zu schaffenden Schäden dieser Kulturkrankheit weit zweckmäßiger ist und bleiben wird.

TAFELN

Tafel I

Fig. 1. „Querschnitte von Schmelzprismen von einem mit Salzsäure geätzten Querschliffe eine Molarzahnes, *A* Nahe der Oberfläche. *B* Nahe dem Zahnbein. Schmelzprismen hell, Kittsubstanz dunkel. *a* Querschnitt eines Zahnkanälchens, das in den Schmelz eingedrungen ist. Vergr. 500 Kamerabild". (Fig. und Erklärung nach v. Ebner.)

Fig. 2. „Halbschematischer Längsschnitt eines in Salzsäure entkalkten Schmelzsplitters vom bleibenden Eckzahn eines vierjährigen Kindes. *a* Schmelzoberhäutchen. *b* Organischer Rest der Schmelzprismen mit leiterartig angeordneten Resten der organischen Substanz. *d* Region der vollständig gelösten Prismen. *e* Kittsubstanz zwischen den Schmelzprismen". (Fig. und Erklärung nach v. Ebner.)

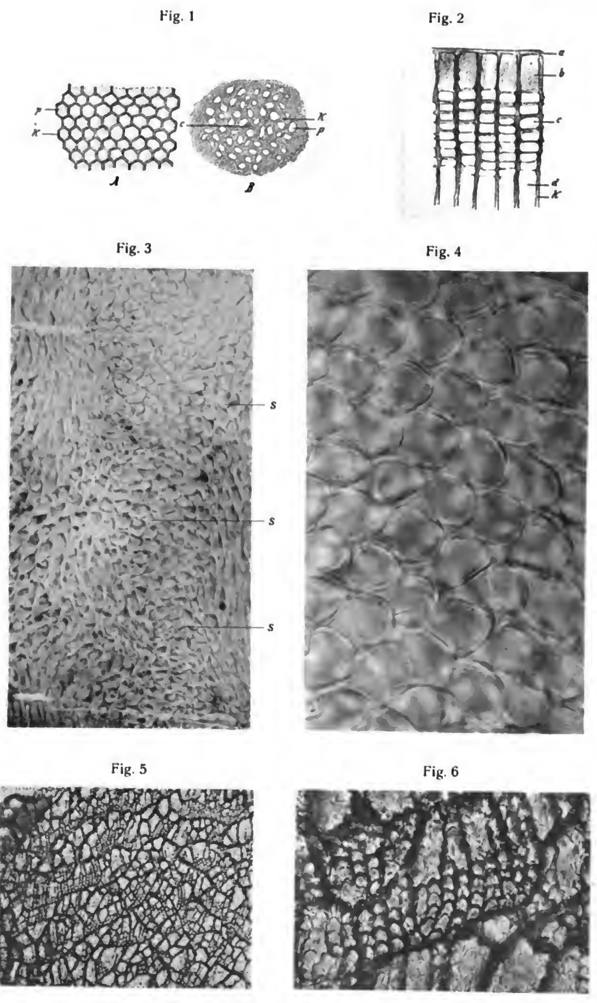
Fig. 3. Gut verkalkter menschlicher Schmelz im Quer- und an den Rändern mehr im Längsschliff. Der etwas dunklere Zentralkörper ist von einem sehr schmalen, hellen Saume (der Kortikalschicht) umgeben, deren äußerer Rand häufiger durch eine feine Linie abgegrenzt erscheint (Trennungslinie). Verschiedenartige optische Bilder der Struktur.

Fig. 4. Gut verkalkter menschlicher Schmelz bei schärfster Einstellung der Gewebselemente und sehr hoher Vergrößerung (2400). Der große, dunklere Zentralkörper wird von einem dünnen, hellen Saume (der Kortikalschicht) umgeben, welchen die Trennungslinie wiederum abgrenzt. Auch bei dieser hohen Vergrößerung ist von einer dunklen, breiten Kittsubstanz, wie sie die Fig. 1 auch v. Ebner zeigt, nichts zu sehen. Man denke sich außerdem die letztere ungefähr fünfmal vergrößert, um die Dimensionen der Strukturelemente mit denjenigen der Fig. 4 richtig vergleichen zu können.

Fig. 5. Gut verkalkte Schmelzprismen im Querschliff von einem Orangutan Der Schliff ist in zahllose Stückchen zerbrochen, ohne daß dieselben ihre Lage wesentlich verändert haben. Indessen sind die Prismen im Querschliff doch dadurch um so viel verschoben, daß sie in sehr verschiedenartiger Einstellung dargestellt sind. Bei *a* ein Abschnitt, welcher in Fig. 6 in stärkerer Vergrößerung wiedergegeben wird.

Fig. 6. Die Prismen sind fast sämtlich in unscharfer Einstellung in der Region *u* dunkel und breit konturiert, genau wie in Fig. 1 der v. Ebnerschen Zeichnung Fig. 1 a (vergleiche die „dunkle" Kittsubstanz v. Ebners). Bei *S* sind die Prismen scharf wiedergegeben. Die Prismen sind größtenteils etwas schräg getroffen und täuschen die „Arkaden" Smreckers vor.

Tafel I



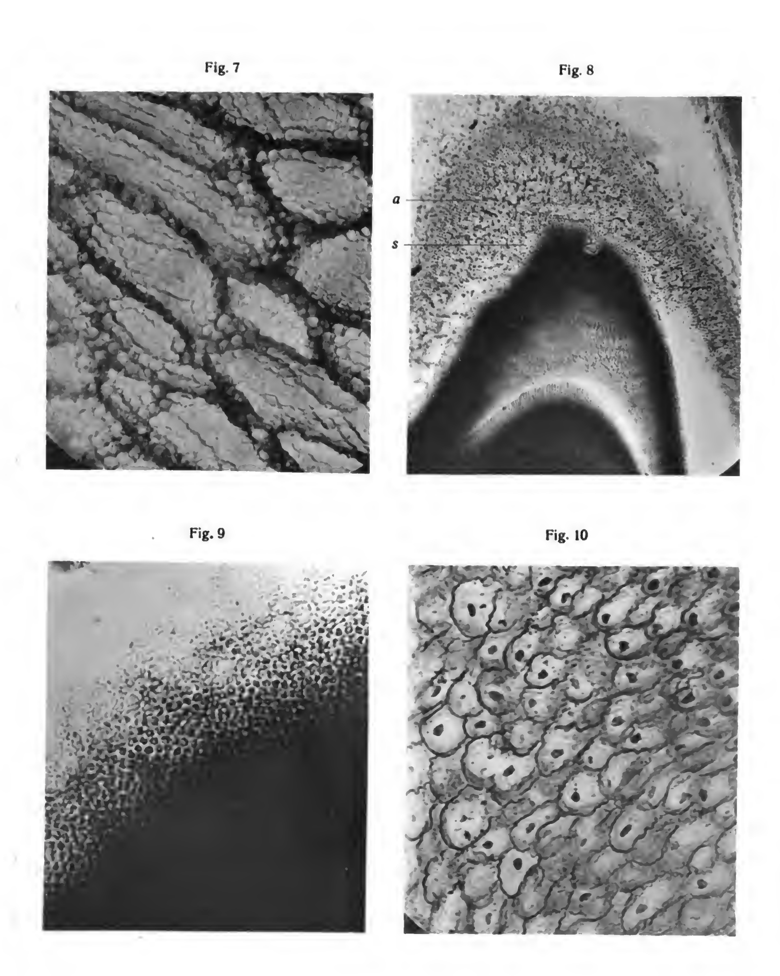
Tafel II

Fig. 7. Querschliff von Schmelzprismen aus einem ähnlichen Präparat wie Fig. 5, nur sind die ersteren zumeist senkrecht zur Längsachse getroffen. Bei dieser scharfen Einstellung ist keine Spur einer dunklen breiten Kittsubstanz vorhanden. Nur an den beginnenden Bruchstellen erscheinen die Prismen infolge der Lageveränderung durch teilweiser Lösung aus ihrem Verbande breiter und dunkler konturiert, sodaß hier eine Kittsubstanz vorgetäuscht wird.

Fig. 8. Junger entkalkter Schmelz im Querschnitt aus einem Schneidezahn einer jungen Katze. Bielschowsky-Studnička Methode. Schwächere Vergrößerung. Auf der Schmelzkappe sind die Schmelzsäulen bei *S* im reinen Querschnitt getroffen. Der Zentralkörper ist tiefdunkel mit Silber imprägniert, während die ihn umgebende Kortikalschicht hell und farblos erscheint. Ganz dieselben Erscheinungen zeigen auch die Ameloblasten bei *a* im Querschnitt.

Fig. 9. Starke Vergrößerung eines Abschnitts von quer getroffenem jungen Schmelz aus dem vorigen Präparat. Die Aufnahme (mit Zeiß' Apochromat Immersion Numerische Apertur 1,40 und kurzwelligstem Lichte gemacht), zeigt die dunklen Zentralkörper und die hellen Kortikalschichten ohne Trennungslinien auf das deutlichste.

Fig. 10. Ein Abschnitt desselben Präparates, dem die Fig. 9 entnommen ist, von dem Plattenepithel der Mundschleimhaut. Die wirkliche Kittsubstanz der Epithelzellen ist im Gegensatz zu der vermeintlichen Kittsubstanz zwischen den Schmelzzellen und den Kortikalschichten der Schmelzprismen auf das schönste mit Silber imprägniert.


Fig. 7
Fig. 8
a
s
Fig. 9
Fig. 10

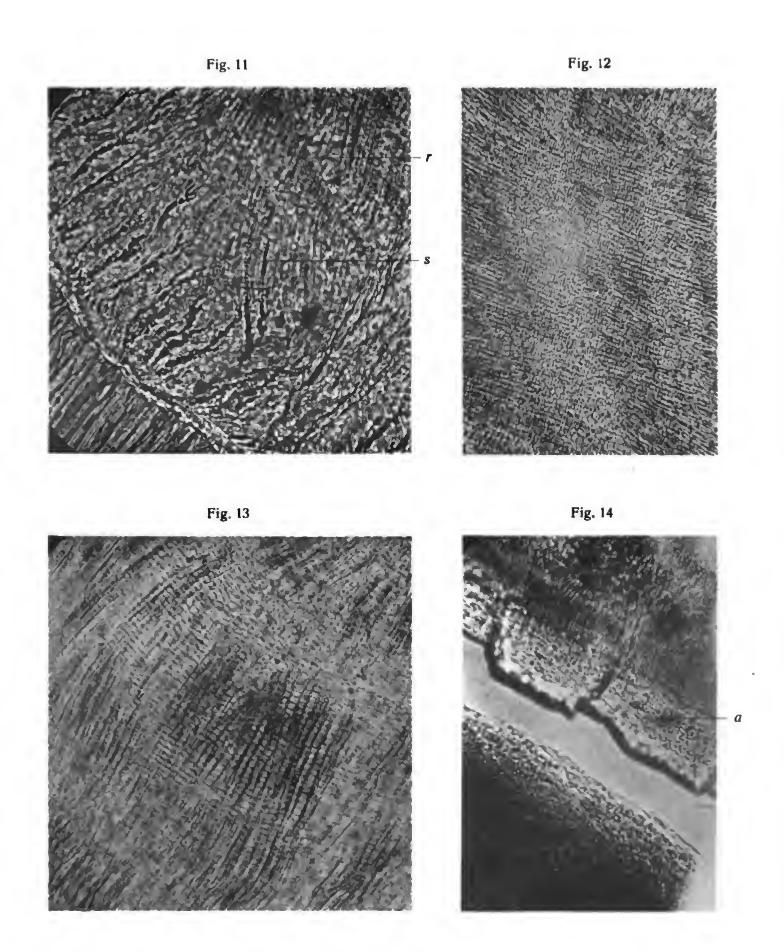
Tafel III

Fig. 11. Schmelz- und Dentingrenze eines Molaren vom Orangutan, unterhalb einer Kauflächenfissur. Bei *r* Teil eines Streifen des Retzius. Zahlreiche einzelne Schmelzprismen an der Dentinschmelzgrenze sind mangelhaft verkalkt. Bei *s* sieht man die Querstreifung eines mangelhaft verkalkten Schmelzprismas besonders deutlich. Diese mangelhafte Verkalkung einzelner Schmelzprismen täuschten kolbenförmige Fortsätze vor. Scharf eingestellt zeigen die Prismen bei ihrer mangelhaften Verkalkung sehr schöne Querstreifung. Bei unscharfer Einstellung werden sie stark dunkel konturiert.

Fig. 12. Ausgedehnte Querstreifung der Schmelzprismen hauptsächlich im Bereiche von schwächeren Linien des Retzius von den Molaren eines Orangutan.

Fig. 13. Querstreifung einer Gruppe von Schmelzprismen aus einem Orangutanzahn. Teilweise dunkle Konturierung durch mangelhafte Verkalkung der Kortikalschicht, Ernährungskanäle vortäuschend.

Fig. 14. In Entwicklung begriffener Schmelz (Versteinerungsmethode nach Durchfärbung mit neutralem Karmin). Der Zentralkörper der Schmelzprismen, welche bei *a* quergetroffen sind, liegt im Präparat leuchtend rot in einer farblosen Kortikalschicht. Die darunter liegenden mehr in Längsschnitt getroffenen Schmelzprismen zeigen eine deutliche Querstreifung.


Fig. 11
r
s
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14
a

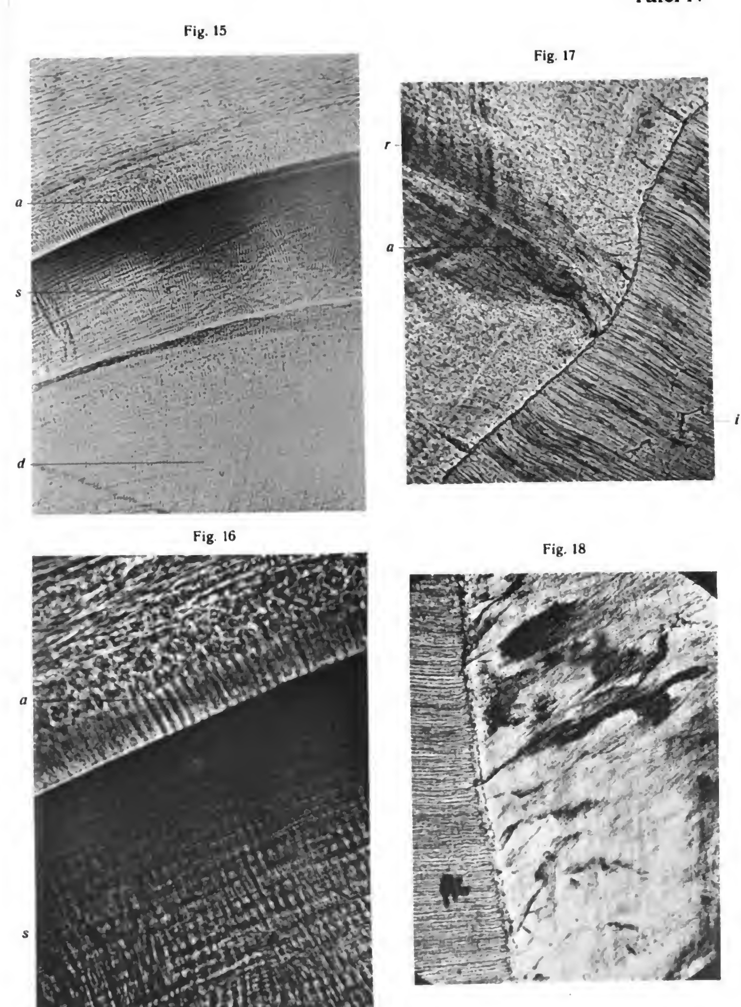
Tafel IV

Fig. 15. In Entwicklung begriffener normal verkalkender Schmelz nach Durchfärbung mit Karmin (Versteinerungsmethode). Der dunklen Färbung des Schmelzes *s.* im vorliegenden Bilde entspricht eine intensive Karminrotfärbung, welche sich bis in die Nähe des Zahnbeins *d* erstreckt. Die gefärbten Schmelzpartien *s* stehen also noch unter dem unmittelbaren Einfluß der Schmelzzellen *a*, deren Kerne und innerer Protoplasma-Zellleib gut gefärbt sind, während die zwischen ihnen liegende Substanz als Vorstufe der Kortikalschicht der Schmelzprismen den Farbstoff kaum angenommen hat.

Fig. 16. Eine Partie des vorigen Präparates in der Nähe der Schmelzzellen. Man sieht, wie die erste Lage des neugebildeten Zahnbeins intensiv und gleichmäßig im Zentralkörper und der Kortikalschicht gefärbt ist. Letztere verliert bald das Färbungsvermögen, während es für den Zentralkörper noch sehr lange erhalten bleibt. Man sieht in schönster Weise die Art der Entstehung der Querstreifung. Zarte Linien von rein organischer Substanz, als deutliches Zeichen der Schichtung und gleichzeitig beginnender Verkalkung des Zentralkörpers ziehen unter sich durchaus parallel quer durch eine große Zahl von Prismen.

Fig. 17. Schmelz und Zahnbein in der Fissur eines Molaren vom Orangutan. Bei *a* ist in Folge von Raumbeengung während der Entwicklung eine große Gruppe von Schmelzprismen äußerst mangelhaft verkalkt geblieben. Bei *r* kleinere Streifen des Retzius, die sich nach der Kaufläche zu vergrößern. Im Zahnbein bei *i* große Interglobularräume.

Fig. 18. Verkalkungsanomalien der verschiedensten Art bei einem Gorilla (Querstreifung, mangelhafte Verkalkung der Kortikalschicht bei zahlreichen Gruppen von Schmelzprismen). Linien des Retzius.


Fig. 15
a
s
d
Fig. 17
r
a
i
Fig. 16
a
s
Fig. 18

Tafel V

Fig. 19. Zahlreiche Bündel von Schmelzprismen haben an der Dentingrenze *d* bei dem Kampfe um den Raum während der Entwicklung verschiedenartige Drehungen erhalten bleiben infolgedessen mangelhaft verkalkt und sind im Präparat tief rot gefärbt. An den Berührungsflächen dieser Gruppen wird das Licht auch in ungefärbten Präparaten viel stärker gebrochen, weil die Prismen auch mangelhafter verkalkt sind. Neben einer stärkeren Kortikalschicht findet sich sogar noch Querstreifung. (Kochsche Versteinerungsmethode nach Durchfärbung mit Karmin.)

Fig. 20. Mangelhafte Verkalkung des Schmelzes beim Menschen. Die Kortikalschicht enthält in ihrer organischen Substanz bei *a* zahlreiche Kalkkörnchen, wodurch die Prismen nicht mehr voneinander getrennt sondern körnig zusammengeflossen erscheinen.

Fig. 21. Bündel von mangelhaft verkalkten Schmelzprismen wechseln mit gut verkalkten ab. Außerdem sind noch zahlreiche Linien des Retzius und dementsprechend auch Interglobulärräume im Zahnbein *d* vorhanden. Die Linien des Retzius erscheinen bei den gut verkalkten Bündeln *s* unterbrochen, weil der Zentralkörper hier gut verkalkt ist.

Fig. 22. Äußerst zahlreiche Linien des Retzius in einem menschlichen großen Schneidezahn. Sie sind hier sowohl durch mangelhafte Verkalkung der Kortikalschicht als auch des Zentralkörpers hervorgerufen.

Tafel V

Fig. 19

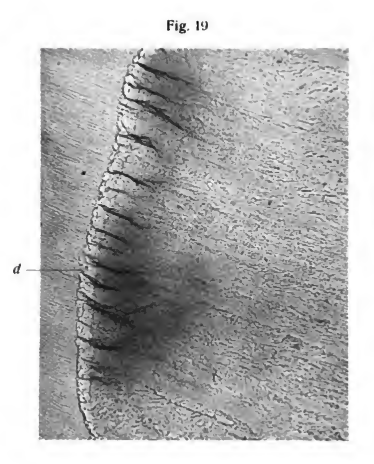


Fig. 20

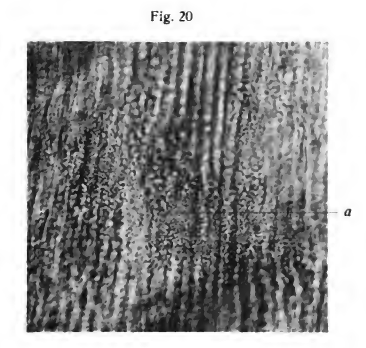


Fig. 21

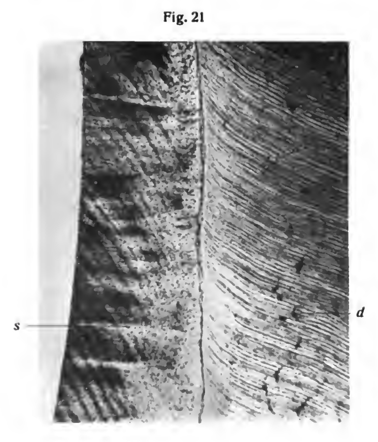
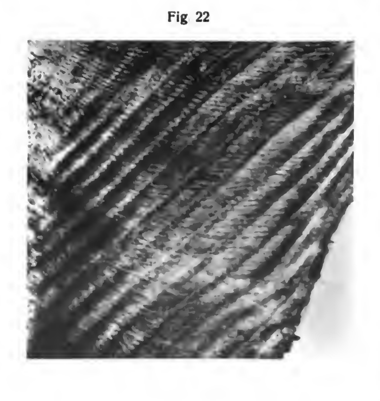


Fig 22



Tafel VI

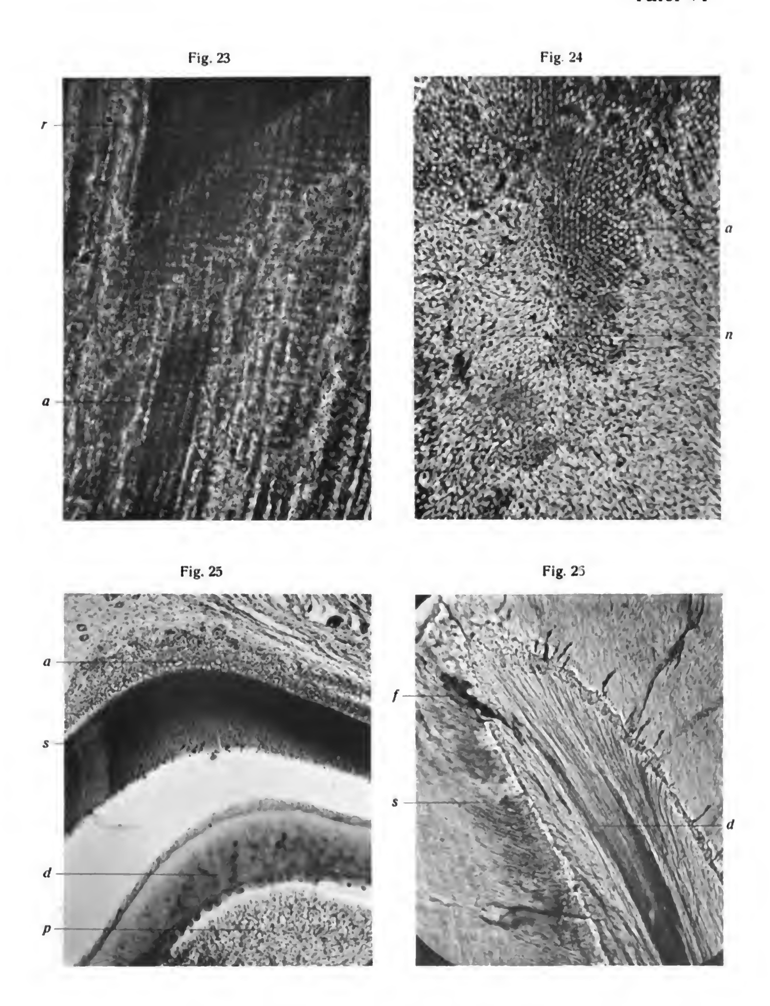
Fig. 23. Mangelhafte Verkalkung von Schmelzprismen-Bündeln unter Beteiligung des Zentralkörpers im Längschliff (aus einem sehr mangelhaft verkalktem Schmelz von dem Molar eines Orangutan). Bei *a* haben die Prismen eine sehr große Ähnlichkeit mit solchen, welche in Säuren geätzt sind. *r* eine Linie des Retzius, welche im unteren Teile eine sehr schöne Querstreifung zeigt.

Fig. 24. Linie des Retzius aus demselben Zahne mit im Querschnitt getroffenen Schmelzprismenbündeln. In scharfer Einstellung zeigten letztere bei *a* dunkle Zentralkörper mit umgebender heller Kortikalschicht. Bei *n* normale verkalkte Schmelzprismen.

Fig. 25. Keim eines Schneidezahnes von einem Neugeborenen mit angeborener Lues. Die auf der Oberfläche des Schmelzes *S* befindlichen Ameloblastenlage a befindet sich in einem frühzeitigen Zustande der Atrophie. Die Schmelzzellen *a* liegen höchst unregelmäßig, besitzen auch nur sehr wenig Zellprotoplasma. Das Zahnbein *d* zeigt eine äußerst mangelhafte Verkalkung in Form zahlreicher Interglobularräume. *p* Pulpa.

Fig. 26. Große kolbenförmige Fortsätze in einem unteren Schneidezahne eines 60jährigen Menschen bei *f*. Der Fortsatz reicht in ein sehr mangelhaft verkalktes Schmelzgewebe *s* hinein, ohne daß auch die geringste Verbesserung des letzteren zu konstatieren wäre. *d* Zahnbein.

Tafel VI



Tafel VII.

Fig. 27. Dentinhöcker eines menschlichen Molaren eines 70jährigen Menschen mit zahlreichen kolbenförmigen Fortsetzungen im Schmelzgewebe. Während die kolbenförmigen Fortsätze an der Spitze ungefähr dem Verlaufe der Schmelzprismen entsprechen, treten sie an den Seiten in schräger Richtung und viel mehr nach unten gegen den Zahnhals zu durch die Schmelzprismen. Trotzdem sich bei *a* und auf der ganzen linken Seite des Dentinhöckers zahlreiche mangelhaft verkalkte Schmelzprismen zeigen, haben die hier durchtretenden kolbenförmigen Fortsätze auch nicht das geringste dazu beigetragen, eine bessere Verkalkung dieser Stellen einzuleiten.

Fig. 28. Diagramm des altdiluvialen Heidelberger und des normalen Unterkiefers eines heutigen Europäers. Beide Kiefer sind auf eine gemeinsame Ebene orientiert, welche durch den Mittelpunkt der beiden Condyli geht und senkrecht auf der Bißebene steht. Man sieht den enormen Unterschied in dem Abstande der Condyli von den mittleren Schneidezähnen und die Reduktion des Kiefers vom Europäer mit Ausnahme der Kinngegend. Die hauptsächlichste Verkleinerung in horizontaler Richtung betrifft den Alveolarfortsatz, wodurch die Zahnentwicklung auf einen äußerst geringen Raum beschränkt wird.

Fig. 27

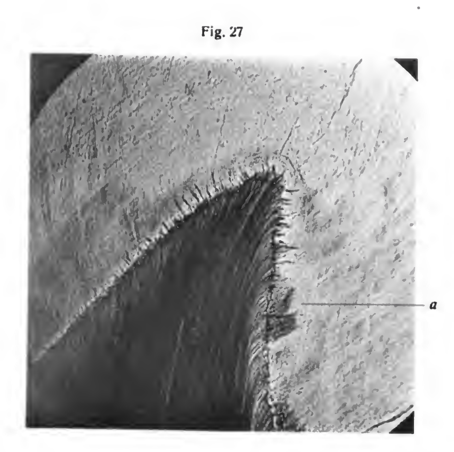
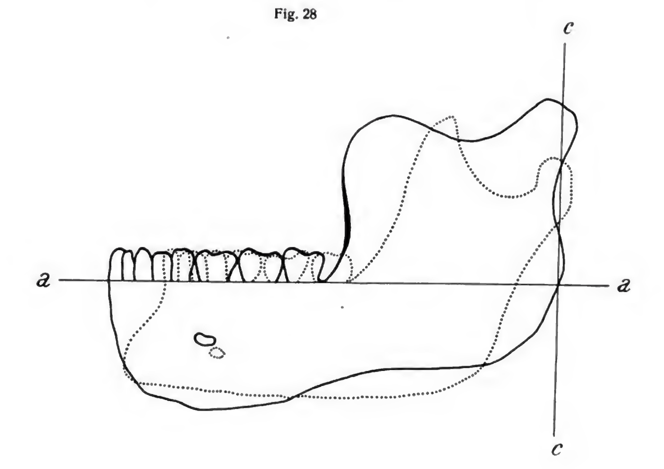


Fig. 28



Tafel VIII

Fig. 29. Höchst mangelhafte Verkalkung des gesamten Schmelzes bei einem im Durchbruch begriffenen Schneidezahne eines Schimpansen.

Fig. 30. Äußerst mangelhafte Schmelz-Verkalkung eines Schneidezahnes in der Nähe des Zahnhalses von einem Schimpanse. Als Eigentümlichkeit liegt hier eine starke Lage Zementes auf dem Schmelze. Im Zahnbein *d* befinden sich Interglobularräume.

Fig. 31. Mangelhafte Verkalkung des Schmelzes bei einem schon länger in Gebrauch gewesenen Eckzahn vom Orangutan. Große Dentikelbildung.

Fig. 32. Ein Teil des Schmelzes aus vorigem Präparat, welches die Schmelzprismen sehr mangelhaft verkalkt zeigt. Dementsprechend sind auch zahlreiche Interglobularräume im Zahnbein vorhanden.

Fig. 29



Fig. 30



Fig. 31



Fig. 32



Tafel IX

Fig. 33. Schmelz (*s*) von Schimpanse, alle nur denkbaren Anomalien zeigend.

Fig. 34. Hypoplasie eines ersten Molaren (v. Kochsche Versteinerungsmethode). Während bei *a* in der Kauflächenfissur Karies entstanden ist, zeigt die starke Hypoplasie bei *h* keine Spur von einer solchen. Dennoch ist durch den dünnen, mangelhaft verkalkten Schmelz eine Reizleitung zustande gekommen, die zu einer Transparenz des Zahnbeins *t* geführt hat, die wiederum von einer sehr dunklen Zone Zahnbeins *z* umgeben ist, aus dem die Kalksalze teilweise entzogen wurden. Bei *e* hat Ersatz-Dentinbildung stattgefunden und in der Pulpa befindet sich ein Dentikel alles Zeichen eines tiefgehenden Reizes.

Fig. 35. Äußerst mangelhafte Verkalkung des Schmelzes *s* bei einem menschlichen Schneidezahne. Die Reizleitung hat den Weg durch die organische Substanz des Schmelzgewebes gefunden. Karies ist nicht vorhanden. In diesem Falle hat der Reiz, welcher das Dentin traf, in einiger Entfernung von der Dentingrenze zu einem Schutzbau innerhalb des Zahnbeins geführt, welcher sich in einer scharf abgegrenzten Zone transparenten Zahnbeins *t* äußert.

Fig. 36. Unterer Molar eines Orangutans. Bei *r* starke Streifen des Retzius nahezu im ganzen Bereiche des Schmelzes. Im Zahnbein dementsprechend mächtige Transparenz. Auf der Brücke zwischen den beiden Wurzeln beginnende Schutzdentinbildung. (*d*)

Fig. 33

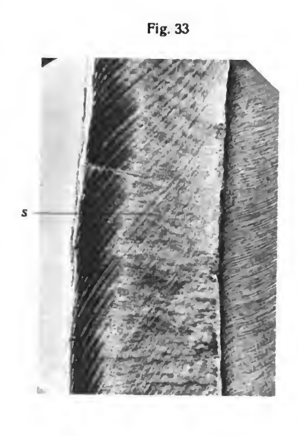


Fig. 34

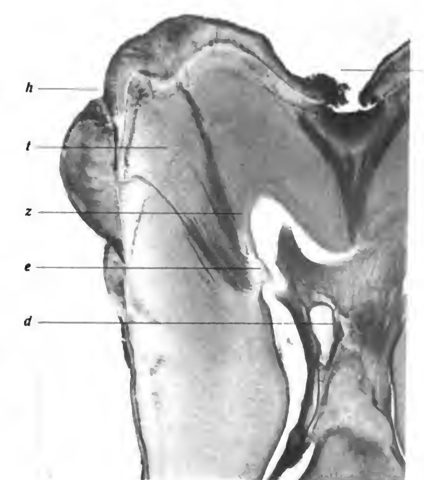


Fig. 35

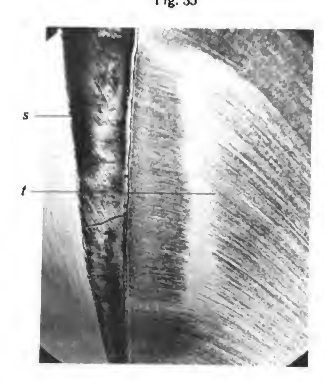


Fig. 36



